

Seutuvalvomoon liityntä ja sen kannattavuus kiinteistökohtaisesti

Varkauden kaupunki

Ville Kammonen

Opinnäytetyö

____. ____.

Ammattikorkeakoulututkinto

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Ville Kammonen	
Työn nimi Seutuvalvomoon liityntä ja sen kannattavuus kiinteistökohtaisesti	
Päiväys 15.5.2012	Sivumäärä/Liitteet 52/16
Ohjaaja(t) Diplomi-insinööri Risto Rissanen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Varkauden kaupunki	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Suomen ensimmäinen seutuvalvomohanke (SEVA 1. pilotti) käynnistyi vuonna 2010 ja siinä on mukana neljä pohjoissavolaista kuntaa: Leppävirta, Karttula, Kuopio ja Varkaus. Seutuvalvomon tarkoitus on vähentää kuntien julkisten rakennusten energiankulutusta ja valvoa kiinteistöjen ylläpitoa. Tämän työn tarkoitus oli selvittää Varkauden kaupungin seutuvalvomoon liittämisen kannattavuutta neljässä alle 2000 m² suuruudessa kiinteistössä. Kannattavuuden takaraja oli 10 vuoden takaisinmaksuaika.</p> <p>Rakennusautomaatiojärjestelmän investoinnin tutkimisessa käytettiin AIRIX-talotekniikka Oy:n suunnitelmia ja ohjeita kiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmän toteuttamisesta. Lisäksi käytössä oli puitesopimukseen perustuvan kahdeksan valvonta-alakeskuksen piste-esimerkkihinnat, joista eri I/O-pisteiden investointihinnat pystyttiin selvittämään. Lisäksi Varkauden kaupungin kiinteistökannasta saatiin tutkittavien kiinteistöjen energian- ja vedenkulutukset vuosilta 2006 - 2011. Näillä tiedoilla selvitettiin graafisesti seutuvalvomon liittämisen kannattavuus Könönpellon nuoristotalon, Kinnulankodin, Kansalaisopiston ja mekaanisen musiikin museon kiinteistössä.</p> <p>Tuloksena saatiin, että Könönpellon nuoristalo oli ainoa kiinteistö, jota ei kannata missään tapauksessa liittää seutuvalvomon piiriin. Ainoastaan mekaanisen musiikin museon liittäminen seutuvalvomoon saneeraustavasta riippumatta on kannattava investointi Varkauden kaupungille.</p>	
Avainsanat Energiansäästö, lämmitystarveluku, rakennusautomaatiojärjestelmä, seutuvalvomo	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Ville Kammonen			
Title of Thesis Joining to Regional Building Management Centre and its Profitability for Each Property			
Date	15 May 2012	Pages/Appendices	52/16
Supervisor(s) Mr Risto Rissanen, M.Sc.			
Client Organisation/Partners The City of Varkaus			
<p>Abstract</p> <p>The regional building management centre project (SEVA 1. pilot) is first of its kind in Finland. The project started in 2010 and it involves four municipalities in Eastern Finland. These properties are Leppävirta, Karttula, Kuopio and Varkaus. The idea of a regional building management centre is to reduce energy consumption in public facilities and to control the maintenance of these. The purpose of this thesis was to clarify the profitability of a regional building management centre in four properties of under 2000 m² in size. The profitability limit was 10 years' payback time.</p> <p>AIRIX Building Services Ltd's plans and instructions were used in the investigation of investing in building an automation system. The example prices of eight control microprocessor substations helped to explain the investments rates of the I/O points. In addition, water and energy consumption data was found from all the properties of the city of Varkaus from the year 2006 to 2011. By using this information the profitability of the regional building management centre was clarified graphically from the properties of Könönpelto's community center, Kinnula home, Community College and The Mechanical music museum.</p> <p>The result of this thesis was that Könönpelto's community center is the only property the joining of which to the regional building management centre is not profitable. The Mechanical music museum is the only property which is worth investing in for the city of Varkaus.</p>			
<p>Keywords</p> <p>Energy conservation, degree day, building automation system, the regional building management centre</p>			

ALKUSANAT

Opinnäytetyö tehtiin kevään 2012 aikana Varkauden kaupungille

Kiitän Varkauden kaupungintalon tilapalvelun henkilökuntaa ja etenkin Timo Sydänmaata ja Harri Hiltusta, jotka hankkivat taustatietoa ja antoivat hyviä neuvoja lopputyöni toteuttamiseksi. Haluan kiittää myös Risto Rissasta, joka antoi hyvän pohjatiedon opinnäytetyöhöni.

Kuopio 15.5.2012

Ville Kammonen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	10
2	RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ	11
2.1	Yleistä rakennusautomaatiosta.....	11
2.2	Rakennusautomaatiojärjestelmän ohjaustavat.....	12
2.3	Rakennusautomaatiojärjestelmän hierarkia	13
2.3.1	Keskusvalvomo	14
2.3.2	Kiinteistökohtainen valvomo	15
2.3.3	Valvonta-alakeskus.....	15
2.3.4	Paikallinäytöt.....	16
2.3.5	I/O-kortti.....	16
2.3.6	Kenttälaitteisto.....	17
2.4	Rakennusautomaation urakointi	18
3	SOPIMUKSET, ASETUKSET, LAIT, MÄÄRÄYKSET JA STANDARDIT	20
3.1	Kaukovalvontaan liittyvät standardit ja määräykset.....	20
3.2	Puitesopimus rakennusautomaatiojärjestelmän urakoinnissa	21
3.3	Puitesopimustarjous.....	21
4	KAUKOVALVONNAN TARPEET	22
4.1	Valvonnan merkitys	22
4.2	Paloturvallisuuden valvonta	22
4.3	Kiinteistötekniikan valvonta	22
4.4	Järjestelmien etähallinta.....	23
4.5	Kiinteistöjen kulutuksen mittaus.....	23
5	KAUKOVALVOTTAVAT JÄRJESTELMÄT	24
5.1	Palonilmaisujärjestelmät.....	24
5.2	Kulunvalvontajärjestelmät	24
5.3	Rakennusautomaatiojärjestelmät	24
5.4	Energiahallintajärjestelmät	25
6	SEUTUVALVOMON LIITTÄMINEN JA HANKKEISTAMINEN	26
6.1	SEVA 1 -hanke	27
6.2	Kiinteistön hallinta seutuvalvomosta	28
6.3	Seutuvalvomon liityntäkustannukset.....	29
6.4	Kiinteistön automaatiojärjestelmät	30
6.5	Kiinteistöjen säätö-, ohjaus- ja valvontapisteet rakennusautomaatiojärjestelmässä	30

6.5.1	Lämmitysjärjestelmät.....	31
6.5.2	Vesi- ja viemärijärjestelmät	32
6.5.3	Ilmastointijärjestelmät	34
6.5.4	Jäähdytysjärjestelmät	35
6.5.5	Sähköjärjestelmät.....	36
6.5.6	Seutuvalvomoon ei-liitettävät rakennusautomaatiojärjestelmät	37
7	KIINTEISTÖJEN VIIHTYVYYS JA ENERGIANSAÄSTÖ	
	RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN AVULLA.....	38
7.1	Ilmastointi ja sisäilman vaikutukset.....	38
7.2	Energiankulutuksen säästöt.....	38
7.3	Rakennusten lämmitysenergian kulutuksen normitus.....	39
7.3.1	Lämmitystarveluku.....	39
7.3.2	Tutkittavien kiinteistöjen lämpöenergian normeeraus.....	40
7.3.3	Lämmin käyttövesi.....	41
8	SEUTUVALVALVONTAAN LIITTYVIEN KIINTEISTÖJEN KANNATTAVUUS	43
8.1	Kiinteistöjen energiankulutustiedot	45
8.2	Kiinteistöjen energiankulutussäästöt	46
8.3	Kiinteistön rakennusautomaation investointikustannukset ja takaisinmaksuajat tutkittavissa kiinteistöissä	46
8.4	Tulokset.....	48
9	YHTEENVETO.....	50
	LÄHTEET	51

LIITTEET

Liite 1 Valvomo-ohjelman aloitusvalikko

Liite 2 Tuloilmakoneen toiminnallinen periaatekuva

Liite 3 Varkauden kaupungin kiinteistöjen kulutustiedot

Liite 4 Varkauden kaupungin kiinteistöjen vuotuiset säästöt

Liite 5 VAK 1: esimerkkipistehinnat

Liite 6 VAK 2: esimerkkipistehinnat

Liite 7 VAK 3: esimerkkipistehinnat

Liite 8 VAK 4: esimerkkipistehinnat

Liite 9 VAK 5: esimerkkipistehinnat

Liite 10 VAK 6: esimerkkipistehinnat

Liite 11 VAK 7: esimerkkipistehinnat

Liite 12 VAK 8: esimerkkipistehinnat

Liite 13 Valvonta-alakeskuksen investointikustannukset ja takaisinmaksuaika vaihtoehdossa 1

Liite 14 Valvonta-alakeskuksen investointikustannukset ja takaisinmaksuaika vaihtoehdossa 2

Liite 15 VAK 1 Valvonta-alakeskuksen investointikustannukset ja takaisinmaksuaika vaihtoehdossa 3

Liite 16 VAK 1 Valvonta-alakeskuksen investointikustannukset ja takaisinmaksuaika vaihtoehdossa 4

LYHENTEET JA KÄSITTEET

AK	Alakeskus. Rakennusautomaatiossa käytetty ohjelmoitava säädin, joka ohjaa kiinteistön kenttälaitteita, kuten antureita, taajuusmuuttajia, moottoreita jne.
BACnet	Kiinteistö- ja teollisuusautomaatiokäyttöön soveltuva valvomotason väyläteknikka
CPU	Central Processing Unit eli prosessori, joka suorittaa tietokoneohjelman sisältämiä konekielisiä käskyjä
DDC	Direct Digital Control eli suora numeerinen säätö. Paljon käytetty rakennusautomaatiosovelluksissa, jossa erilliset säätimet korvataan tietokoneyksiköillä. Tietokoneyksikön ohjelmisto toteuttaa toimilaitteen säädön ja sen valvonnan
ELY	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. ELY- keskus hoitaa vastuualueidensa täytöntöönpano- ja kehittämistehtäviä
GSM	Global System for Mobile Communications eli matkapuhelinjärjestelmä. Maailmanlaajuisesti käytetty matkapuhelinverkko, joka tunnetaan myös nimellä 2G
I/O-piste	Järjestelmän tulo- tai lähtöliityntä, johon on kytketty kentällä oleva toimilaite
LAN	Local Area Network eli lähiverkko, joka tarkoittaa rajoitetulla maantieteellisellä toimivaa tietoliikenneverkkoa.
LCD	Liquid Crystal Display eli nestekidenäyttö. Tätä näyttötyyppiä käytetään alakeskuksen näyttöpaneelina.
LVISA	Lämpö-, vesi-, ilmastointi-, sähkö- ja automaatiotekniikka. Talotekniikassa paljon käytetty ammattitermi.

ModBus	Väylätekniikka, jota käytetään erityisesti mittaustietojen keräämiseen ja välitykseen
RAU	Rakennusautomaatio. Kiinteistötekniikassa käytetty termi
VAK	Valvonta-alakeskus. Toimii, kuten em. alakeskus(AK)
SEVA 1	Seutuvalvomo 1. pilotti. Pohjois-Savon seutuvalvomoa kutsutaan SE-VA1, koska se on ensimmäinen seutuvalvomo hanke Suomessa
3G	Third generation eli 3G on yleinen lyhenne ns. ”kolmannen sukupolven” matkapuhelinteknologialle. Tekniikkaa hyödynnetään rakennusautomaatiojärjestelmän etähallinnassa.
ProfiBus	Kenttäväylätekniikka, joka mahdollistaa I/O- pisteiden hajauttamisen kentälle ja älykkäiden toimilaitteiden ja antureiden liittämisen logiikkaan.

1 JOHDANTO

Rakennusautomaatio on lisääntynyt nopeasti 1990-luvulta, koska se on parantanut rakennusten energiatehokkuutta, ylläpitoa, säädettävyyttä ja sisäilmanlaatua. Rakennusautomaatiojärjestelmän kannattavuutta voidaan perustella siitä saaduista hyödyistä ja säästöistä, kuten esimerkiksi energiankulutuksen pienentyminen tai vesivuotoihin puuttuminen nopeasti valvonnan avulla. Rakennusautomaatiojärjestelmän investointi on helpoin tapa saada aikaan suuria säästöjä kiinteistön omistajalle, etenkin suuria kiinteistöjä omistaville yrityksille, kunnille tai valtiolle.

Pohjois-Savon seutuvalvomohanke (SEVA 1. pilotti) on Suomen ensimmäinen aluevalvomokokeilu, jossa neljän kunnan julkiset rakennukset liitetään seutuvalvomon valvonnan piiriin. Neljän kunnan kokonaisuuden muodostavat Karttula, Kuopio, Lepävirta ja Varkaus, joista Kuopioon on sijoitettu itse seutuvalvomo. Seutuvalvomossa on tarkoitus ohjata ja valvoa kuntien kiinteistöjen lämmitystä, ilmanvaihtoa, vedenkulutusta, energiankulutusta ja kiinteistön rakennusautomaatiikkaa. Näillä toimenpiteillä pyritään saamaan aikaiseksi kuntien kiinteistöissä säästöjä mm. energiankulutuksessa, huolto- ja kunnossapidossa sekä valvoa kiinteistön tehokas ja ylläpitävä toiminta. Lisäksi ohjatun ilmastoinnin avulla pyritään optimoimaan kiinteistöjen sisäilmanlaatua niin, että kiinteistöjä käyttävien henkilöiden työtehokkuus pysyy hyvänä ja samalla vältetään turhilta sairaspölyisyyksiltä.

Ensimmäiset Varkauden kiinteistöissä olevat automaatiolaitteet ovat peräisin vuodelta 1980, joten osassa kohteissa täytyy vaihtaa tilalle kokonaan uudet automaatiolaitteet rakennusautomaatiojärjestelmää investoitaessa. Uusiminen hoituu parhaiten silloin, kun seutuvalvomon ja kiinteistöjen rakennusautomaatiojärjestelmää saneerataan. Varkauden kaupunki halusi tutkia seutuvalvomon kannattavuutta neljässä alle 2000 m²:n kiinteistöissä, jotka ovat Könönpellon nuorisotalo, Kinnulankoti, kansalaisopisto ja mekaanisen musiikin museo. Tällä tutkimuksella on tarkoitus rajata ne tulevaisuuden kohteet em. kiinteistöt, joihin kannattaa seutuvalvomon liittämistä harkita. Lopputuloksena syntyy graafinen mallinnus, jolla voidaan vertailla Varkauden omistamien kiinteistöjen ja seutuvalvomon liittymisen kannattavuutta.

2 RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ

2.1 Yleistä rakennusautomaatiosta

Rakennusautomaation käyttö on lisääntynyt merkittävästi 1990-luvulta lähtien. Suuria kiinteistöjä omistavat organisaatiot ja nykyään myös yksityishenkilöt panostavat omakotitalojensa automaatiojärjestelmiin. Rakennusautomaation ansiosta kiinteistöjen hallinta, järjestelmästä saatujen tietojen luku ja analysointi sekä kiinteistöjen LVIS-säätöjen ohjaus on helpottunut huomattavasti. (Piikkilä 2001, 29.)

Rakennusautomaatiolla on tarkoitus hallita LVIS-järjestelmien toimintaa kiinteistössä. Tämä tapahtuu prosesseja säätämällä ja ohjaamalla sekä valvomalla kiinteistön muuttuvia olosuhteita. Rakennusautomaatiojärjestelmää hyödyntäen saavutetaan kiinteistössä optimaaliset ja miellyttävät olosuhteet huoneistojen sisäilmanlaadussa. Kiinteistön omistaja saa kiinteistöautomaatiolla säästöjä energiankulutus- ja ylläpito-kustannusten vähennettyä. (Piikkilä 2001, 33.)

Rakennusautomaatiojärjestelmät ovat muuttuneet muutaman vuosikymmenen aikana yksinkertaisista järjestelmistä digitaalisiin Direct Digital Control(DDC) -järjestelmiin. DDC-järjestelmä on suora digitaalinen säätö, jossa erillissäätimet korvataan tietokoneyksiköillä. Tietokoneyksiköllä varustetut säätimien säätö- ja valvontatoiminnot toteutetaan yksikön ohjelmiston avulla. (Koivisto 1998, 27.)

Rakennusautomaatiojärjestelmän toimivuutta, energiatehokkuutta ja ympäristöystävällisyyttä voidaan tehostaa ja parantaa keskusvalvomon lukuisilla ominaisuuksilla. Esimerkiksi valaistuksen tila- ja aikaohjaus sekä ilmastoinnin ja jäähdytyskoneiden toiminnan ajastaminen säästävät huomattavasti sähköä, koska laitteiden ei tarvitse olla jatkuvassa ympärivuorokautisessa käytössä. Rakennusautomaatio mahdollistaa kiinteistössä erilaisia toimintoja, jotka säästävät energiaa ja näin myös ympäristöä. (Piikkilä 2012, 111,112.)

2.2 Rakennusautomaatiojärjestelmän ohjaustavat

Rakennusautomaatiojärjestelmän toimivuus ja luotettavuus perustuu sen monipuolisiin ohjaustapoihin. Rakennusautomaatiojärjestelmän sisäiseen ohjelmistoon voidaan määritellä kiinteistöön halutut ja tarvittavat toiminnot. Rakennusautomaatiojärjestelmä antaa määriteltujen toimintojen perusteella automaatiolaitteille käskyjä, joiden mukaan laitteet kiinteistössä toimivat.

Optimoitu käynnistys ja pysäytys

Ohjelma pyrkii optimoimaan lämmityksen tai jäähdytyksen aloitus- ja lopetushetken kiinteistönrakennuksen käytön mukaan. Ohjelma ottaa huomioon sisä- ja ulkolämpötilan muutokset sekä rakennuksen massasta aiheutuvan muutoshitauden, jotta se pystyy pitämään rakennuksen olosuhteet miellyttävinä. Nykyään ohjelma on mahdollista toteuttaa sääennusteen perusteella. Ohjelma hakee tuntitason sääennusteen sääpalvelun toimittajalta, jotta se ehtii paremmin reagoimaan muuttuviin sääolosuhteisiin. (Piikkilä 2012, 111.)

Yötuuletus

Kesä aikaan ilmastointikoneita käytetään yöaikaan viilentämään rakenteita, jotta koneellinen jäähdytys jäisi päiväsaikaan mahdollisimman pieneksi. 2-tariffimittauksella sähköenergia on yöaikaan edullisempaa, joten yöaikainen jäähdytys on kannattava ratkaisu. (Piikkilä. 2012, 112.)

Entalpiaohjaus

Ohjelma pyrkii optimoimaan ulkoilman ja rakennuksen kiertoilman suhteellisuuden tuloilmassa niin, että koneellisen jäähdytyksen käyttö jää mahdollisimman pieneksi. Tämä tapahtuu ohjelman laskentaprosesseissa, jossa ohjelma huomioi ilman kokonaislämpösisällön laskennallisesti lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittausten perusteella. (Piikkilä 2012, 112.)

Jaksoittaisohjaus

Ohjelmaa käytetään pääasiassa sähkökojeisiin, joita on kannattamatonta säätää portaattomasti. Kojeita ohjataan tietyn aikajakson verran päälle- ja pois-kytkennöillä. Tyypillinen soveltamiskohde on autolämmityspisteiden ohjaus ulkolämpötilan perusteella. (Piikkilä 2012, 112.)

Huipputehon rajoitus

Ohjelmaa käytetään sähkökuormien ohjaukseen niin, että kokonaiskuormitus ei ylitä ennalta tiettyä raja-arvoa. Huipputehon rajoituksen ensisijainen tehtävä on, että kiinteistön huipputehomaksua saadaan pienemmäksi. Maksu määräytyy tehohuippujen perusteella, joita energialaitokset mittaavat yleensä muutaman kylmimmän talvikauden ajalta. Ohjelmistossa yksittäisille kuormille määritellään oma prioriteetti. Prioriteetti määrää sähkökuorman tärkeyden laitteistolle, jos tehoa pitää rajoittaa kiinteistössä. Tämä tapahtuu yksinkertaisilla kuormien päälle- ja pois-kytkennöillä. (Piikkilä 2012, 112.)

2.3 Rakennusautomaatiojärjestelmän hierarkia

Rakennusautomaatiojärjestelmä (RAU) koostuu tehtäväalueensa mukaan kolmesta osa-alueesta. Alimpana RAU-hierarkiassa ovat kenttälaitteet mittausantureineen ja toimilaitteineen. Keskimmäisenä hierarkiassa ovat alakeskukset (AK) ja valvonta-alakeskukset (VAK), joissa prosessin säätö-, ohjaus- ja valvontatoiminnot toteutetaan. Ylimpänä hierarkiassa ovat valvomot, joissa järjestelmän operointi tapahtuu. (Piikkilä 2008, 12.)

Rakennusautomaatiojärjestelmässä kaksi tasoa yhdistää aina tietyntyyppisen tiedonsiirtomenetelmän. Kuviossa 1 on esitettyä rakennusautomaation hierarkia tiedonsiirtoyhteyksillä varustettuina. Keskusvalvomo valvoo ja ohjaa kiinteistöjen toimintaa joko kiinteällä tai langattomalla tiedonsiirtoyhteydellä. Valvomot ovat alakeskusten ja kiinteistökohtaisten valvomoitten kanssa tiedonsiirtoyhteydessä, josta tietoja voidaan välittää molempiin suuntiin. Alakeskukset ovat automaatioväylällä yhteydessä toisiin alakeskuksiin sekä kenttäväylässä oleviin kenttälaitteisiin. Kenttälaitteelta saadut tiedot ja mittaukset välittyvät oikeassa datamuodossa alakeskuksiin I/O-korteissa. (Piikkilä 2008, 12.)



KUVIO 1. Rakennusautomaation hierarkia (Piikkilä 2008, 12)

2.3.1 Keskusvalvomo

Useamman kiinteistön omistajat pyrkivät keskittämään kiinteistön hoidon ja ylläpidon yhteen hallittuun paikkaan, koska se parantaa kiinteistöjen energiatehokkuutta ja helpottaa kiinteistön ylläpitoa. Näin kiinteistön omistajat saavat selvää säästöä energiankulutuksessa ja kiinteistön käyttäjät viihtyvyyttä parantuneen sisäilman vuoksi. Keskusvalvomoita yleensä hyödyntävätkin kunnat, joilla kiinteistökanta on monilukuisen. (Spangar 2012, 100.)

Yhteys keskusvalvomoon hoidetaan Internetin, asiakkaan oman LAN-verkon tai 3G-modeemin välityksellä. Kiinteistössä voi olla oma kiinteistökohtainen valvomo tai pelkkä valvonta-alakeskus, joka lähettää hälytyksen saatua tiedot keskusvalvomoon tiedonsiirtoyhteyttä pitkin käsiteltäväksi. Keskusvalvomoissa on ympärivuorokautinen päivystys. Päivystyksen huoltohenkilökunta varmistaa hälytyksen saatuaan tarvittavat jatkotoimenpiteet kiinteistöstä tulleen hälytyksen perusteella. (Spangar 2012, 100.)

Keskusvalvomon tärkeä tehtävä on myös kerätä ja analysoida valvottavien kiinteistöjen energiankulutuksia. Vuosien kuluessa ja paremman asiantuntemuksen avulla voidaan kiinteistön energiankäyttöä vertailla edellisiin vuosikulutuksiin. Näin saadaan energiankulutus optimoitua tietyille kiinteistölle sopiviin asetusarvoihin. (Piikkilä 2012, 90.)

2.3.2 Kiinteistökohtainen valvomo

Kiinteistökohtainen valvomo toimii, kuten keskusvalvomo. Kiinteistökohtaisessa valvomossa hälytykset ja toiminnot ovat keskitetty yhteen kiinteistöön. Kiinteistökohtainen valvomo voidaan liittää keskusvalvomoon, jolloin kiinteistön säätöjä ja toimintoja voidaan ohjata paikallisesti tai etäkäyttönä. Kiinteistökohtainen valvomo kannattaa saneerata suuriin kiinteistöihin, kuten esim. julkisiin rakennuksiin. (kaupungintalo, oikeustalo, uimahalli, jne.)

2.3.3 Valvonta-alakeskus

Valvonta-alakeskus (VAK) on prosessiohjattu keskus, joka hoitaa sille määritetyn alueen automaatiotoiminnot itsenäisesti. Alakeskus (AK) mittaa kiinteistön lämpötilaa, kosteutta ja lämpöenergiaa kenttälaitteiden avulla sekä säätää lämmitystä ja ilmastointia mittausarvojen perusteella. Alakeskukset myös valvovat ja optimoivat kiinteistön energian käyttöä. Alakeskukset (AK) voivat olla sarjaliikenneverkon ansiosta yhteydessä keskusvalvomoon, kiinteistökohtaiseen valvomoon, toisiin alakeskuksiin tai kenttälaitteisiin. Tämä hierarkia parantaa kiinteistön rakennusautomaation hallintaa ja ylläpitoa. Seuraavaksi on mainittu eri alakeskustyyppisiä. (Harju 2003, 95.)

Modulaarinen alakeskus

Yhteen I/O-moduuliin voidaan kytkeä tyypillisesti 8- 40 kentällä olevaa fyysistä I/O-pistettä, jotka voivat olla esim. hälytystuloja, päälle/poisohjauksia, lämpötila-antureita. Tyypillisen alakeskuksen pistemäärä on n. 100 kpl, mutta pistemäärä voi olla myös jopa useita satoja. Tämän on mahdollistanut CPU-korttien koko ajan kasvanut tehokkuus ja omiin mikroprosessoreihin pohjautuvat I/O-moduulit. Modulaarisen alakeskuksen vahvuutena kiinteistön RAU-tekniikassa on joustavuus rakennettaessa eripistemääräisiä ala-asemia sekä huollon helppous I/O-moduulien viikaantuessa. (Spangar 2012, 102.)

Kiinteäpistemääräinen alakeskus

Kiinteäpistemääräinen alakeskus kostuu yleensä yhdestä elektroniikkakortista, johon on mahdollista kytkeä kiinteä määrä fyysisiä I/O-liityntäpisteitä. Tällöin alakeskuksen CPU-osassa olevat prosessori ja muisti ovat integroituna samaan elektroniikkakorttiin. Rakenne voidaan myös toteuttaa käyttämällä kahta erillistä elektroniikkakorttia, joista toinen kortti vastaa alakeskuksen CPU-osaa ja toinen kortti I/O-pisteistä. Kiinteäpistemääräisen alakeskuksen kapasiteettia voidaan tarvittaessa laajentaa lisäkortein, jotka asennetaan joko alakeskuksen emolevylle tai sarjaväylällä erilliseen keskusyksikköön. (Spangar 2012 102,103.)

Moduulikotelo alakeskuksena

Jos järjestelmä sallii I/O-moduulien hajauttamisen sarjaväylällä, kannattaa käyttää moduulikoteloratkaisua. Tällöin koteloon sijoitetaan ainoastaan I/O-moduuleita ja ne liitetään lähimmäiseen alakeskukseen, jossa I/O-moduuleita ohjaavat ohjelmat sijaitsevat. Näin saadaan asiakkaalle edullisempi kokonaisratkaisu, jolla pienipistemääräinen alakeskus voidaan korvata yksinkertaisella ja edullisella moduulikotelolla. (Spangar 2012, 103.)

2.3.4 Paikallisnäytöt

Alakeskuksia on mahdollista operoida paikallisilla näyttö- ja operointipäätteillä. Paikallisoperointipäätteet ovat yksinkertaisimmillaan muutaman rivin mittaisia alfanumeerisia LCD-näyttöjä ja niihin integroituja näppäimistöjä, joita käyttämällä on mahdollista saada kiinteistön pistetilanneraportteja. Nykyään on mahdollista ja yleistä käyttää monipuolista TFT-kosketusnäyttöä, joka on integroitu alakeskukaapin oveen. Tämän tekniikan avulla voidaan pistelistauksen lisäksi esittää kiinteistöautomaatiosta saatujen tietojen perusteella graafisia prosessikuvia ja tehdä erilaisia käyttötilamuutoksia. (Spangar 2012, 104.)

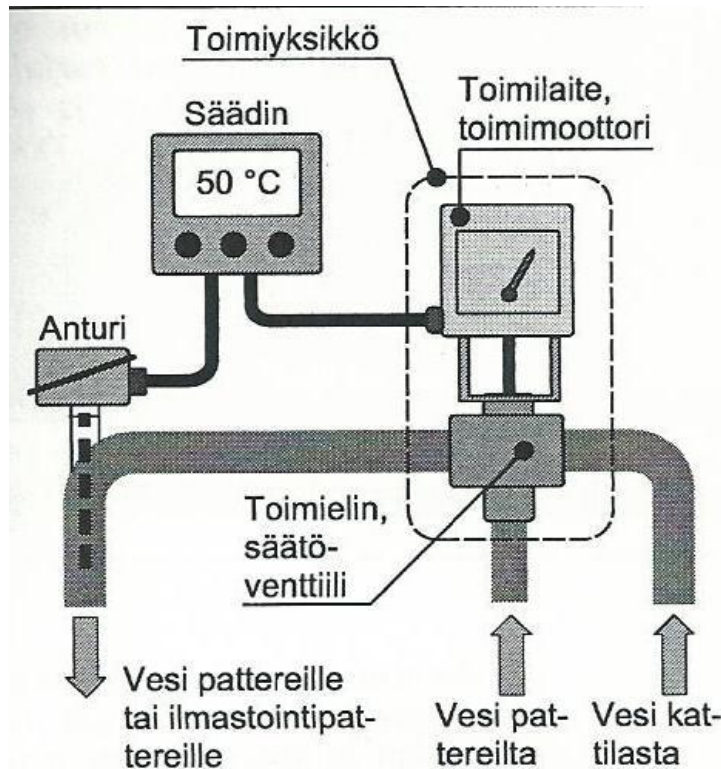
2.3.5 I/O-kortti

I/O-kortti eli alakeskuksen input/output-elektroniikkakortti, johon fyysinen kaapeli liitetään kenttälaitteelta. I/O-kortti muokkaa kenttälaitteelta saadun viestin alakeskuksen sisäiseen muistiin. Tyypillisesti yksi I/O-kortti pystyy enimmillään käsittelemään 8 kpl tiettyjä signaalityyppejä, joita ovat mm. kenttälaitteilta saadut ohjaukset, hälytykset, mittaukset, säädöt, jne. (ST 710.11. 2004, 2.)

2.3.6 Kenttälaitteisto

Kenttälaitteistoon kuuluvat anturit ja toimilaitteet sekä itsenäiset säätimet, kuten huonesäätimet ja joihinkin laitteisiin integroidut säätimet (esim. IV-kone, lämmönvaihdin, jäähdytyskone jne.). Yleisimmät kenttälaitteet ovat anturit, joista suurin osa on lämpötila-antureita. Anturit mittaavat haluttuja suureita, kuten mm. lämpötilaa, kosteutta, valoisuutta ja liikettä. Toimilaitteet puolestaan toteuttavat toimintoja kytkemällä laitteet päälle, pois tai säätämällä säätöfunktion halutuksi asetusarvoksi. (Koivisto 1998, 53.)

Kenttälaitteiston avulla saadaan aikaan erilaisia säätökokonaisuuksia, joita kutsutaan säätöprosesseiksi. Esimerkkikuva 2 esittää vesikiertoisen lämmityspatterin säätöprosessia.



KUVA 1. Vesikiertoisen patterin säätöprosessista (Harju 2003, 13)

Kuva 2 havainnollistaa yksinkertaisen lämmönsäätöautomaatikan. Vesiputkistoon on asennettu lämpötila-anturi, joka mittaa pattereille menevän veden lämpötilaa. Anturi mittaa mittausravon, jonka jälkeen se välittää tiedon säätimelle. Säädin pyrkii pitämään menoveden lämpötilan asetusarvossa ohjaamalla toimilaitetta (toimimoottori) ja sen kautta säätöventtiiliä (toimielin). (Harju 2003, 14.)

2.4 Rakennusautomaation urakointi

Rakennusautomaation urakointiprojektissa on oltava yksi avainhenkilö, joka on yleensä projektipäällikkö. Hän vastaa työn suunnittelusta ja toteutuksesta. Seuraavassa listassa on esitelty rakennusautomaation urakointivaiheet. (Piikkilä 2012, 29.)

1. Projekti alkaa suunnittelulla, jossa kartoitetaan asiakkaan tarpeet ja valitaan kiinteistöön sopivat laitteet.
2. Suunnitteluvaiheen jälkeen alkaa toteutus eli varsinaiset kenttätyöt.
3. Aluksi suunnitelmat tarkastetaan, niin että perustana ovat budjetin ja prosessin lisäksi valitut laitteet ja niiden ominaisuudet.
4. Lasketaan järjestelmään vaaditut I/O-pisteet yhteen prosessikaaviosta, joista selviää rakennusautomaation pistekokonaisuus.
5. Pistekokonaisuuden selvittyä valitaan kiinteistöön tulevat säätö- ja kenttälaitteet, joilla järjestelmä toteutetaan.
6. Kiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmän pisteiden ja kytkentöjen määrän selvittyä voidaan aloittaa valvonta-alakeskusten (VAK) rakentaminen kytkentäkaappeihin. Tässä vaiheessa tarkastetaan kenttälaitteiden sijainnit ja kaapelireitit suunnitelmista.

Kohdan 5. laitevalintojen perusteella laaditaan venttiili- ja laiteluettelot, josta on helppo tilata kiinteistöön oikeankokoiset toimilaitteet. Venttiilien mitoitus kuuluu automaatiourakoitsijalle, joka kaavaa 1 käyttäen laskee tai valitsee valmiiksi annetusta venttiilitaulukosta venttiilin k_{VS} -arvon. (Venttiilin suurin veden virtaama m^3/h , joka saavutetaan yhden baarin paine-erolla venttiilin ollessa täysin auki). (Piikkilä 2012, 69.)

$$k_{VS} = \frac{q_{100}}{\sqrt{P_{V100}}} \quad (1)$$

jossa

k_{VS} = täysin avoimen venttiilin k_V - arvo

q_{100} = virtaus venttiilin läpi (m^3/h)

P_{V100} = painehäviö venttiilissä.

Mitoituksen jälkeen valitaan kiinteistöön venttiili, joka on mahdollisimman lähellä laskettua tai taulukosta valittua k_{VS} -arvoa.

Yleensä työmaalle toimitetaan ensimmäisenä venttiilit, anturitaskut ja suoraan nesteseen tulevat anturit, kuten esim. käyttövedenanturit. Laitetta valittaessa on otettava huomioon suunnittelijan määrittämät laitevaatimukset, jotka tulee ilmetä LVI-työselityksessä. LVI-työselityksessä täytyy olla merkitty myös muut laitteet ja ohjelmistot sekä niitä koskevat laitevaatimukset. Esimerkiksi kiinteistöön tulevat kaukolämpöventtiilit on hyväksyttävä kaukolämpölaitoksella, ennen kuin venttiilit ovat hyväksyttäviä laitteita. (Piikkilä 2012, 30.)

3 SOPIMUKSET, ASETUKSET, LAIT, MÄÄRÄYKSET JA STANDARDIT

3.1 Kaukovalvontaan liittyvät standardit ja määräykset

Kiinteistöjen kaukovalvontaan ja ilmoituksensiirtoon liittyvät keskeisesti seuraavat standardit ja määräykset(ST 669.10. 2007, 2):

SFS 5913: Kansallinen standardi hälytysjärjestelmien termeistä ja määritelmistä.

EN 50136-1-1: Eurooppalainen standardi hälytysjärjestelmistä sekä ilmoituksensiirtojärjestelmistä ja –laitteista.

SFS-EN 54 – 21: Suomen Standardisoitumisliiton vahvistama eurooppalainen standardi paloilmaisujärjestelmien hälytysilmoitusten siirrosta.

CEA 4039: Euroopan talousalueen vakuutusyhtiöiden keskusjärjestön vaatimukset ilmoituksen siirrolle.

Standardeissa EN 50136-1-1 ja CEA 4039 määritellään hälytysten siirron saatavuus ja siirtoaajat taulukon 1 mukaisesti.

TAULUKKO 1. Standardit EN 50136-1-1 ja CEA 4039 määrittelemät vaatimukset hälytyksille

EN 50136-1-1 Hälytyksensiirron saatavuus

Luokka	Saatavuus				
	A0	A1	A2	A3	A4
		%	%	%	%
Järjestelmän saatavuus 12 kk:n jaksolla	Ei määritelty	97	99,3	99,5	99,8
Kuukausittainen saatavuus	Ei määritelty	75	91	95	98,5

CEA 4039:n määrittelemät ilmoituksensiirtoluokat

Vaatusluokka	Kokonaisiirtoaika (max)	Tieto tietoliikennekatkoksesta
IAS-luokka 1	180 sekuntia	180 sekunnissa vähintään IAS:lle
IAS luokka 2	10 sekuntia	180 sekunnissa IAS:lle ja hälytyskeskukseen
IAS luokka 3	10 sekuntia	20 sekunnissa IAS:lle ja hälytyskeskukseen
FDS	10 sekuntia	100 sekunnissa FDS:lle ja hälytyskeskukseen

Edellä mainittujen standardien ja määräysten lisäksi kaukovalvonnassa käytetään järjestelmäkohtaisia lakeja ja määräyksiä, jotka tulee huomioida suunniteltaessa ja asennettaessa kaukovalvontajärjestelmää kiinteistöön(ST 669.10. 2007, 3).

3.2 Puitesopimus rakennusautomaatiojärjestelmän urakoinnissa

Puitesopimus on rakennuttajan ja valittujen automaatiourakoitsijoiden välinen sopimus kiinteistöjen rakennusautomaatiojärjestelmien suunnittelusta ja rakentamisesta. Puitesopimus velvoittaa urakoitsijaa rakentamaan kaikkiin olemassa oleviin sekä mahdollisiin uusiin rakennusautomaatiojärjestelmiin puitesopimuksen ja sen liitteissä mainituin ehdoin toimiva järjestelmä. Puitesopimus ja sen liitteenä olevan urakoitsijan antaman tarjouksen hyväksyminen ei velvoita rakennuttajaa tilaamaan mitään puitesopimuksessa tai sen liitteissä mainituista urakoista, järjestelmistä, töistä tai laitteista. Puitesopimukseen liitettäviin asiakirjoihin kuuluvat urakkaohjelma, hankintaohjelma, tekniset erittelyt ja urakkarajaliite. (AIRIX talotekniikka Oy 2010a, 7, 8.)

3.3 Puitesopimustarjous

Puitesopimustarjouksen alakeskuskohtaisista kokonaishinnoista vähennetään kenttälaiteosuudet puitetarjouksen määrittelemillä yksikköhinnoilla myönnettyin alennuksin laskettuina. Jäljelle jäävä alakeskushinta, joka siis sisältää vain alakeskuslaitteiden ja ohjelmointityön osuuden, jaetaan kyseessä olevien alakeskusten fyysisten I/O-liityntäpisteiden lukumäärällä. Näin saatua pistehintaa kutsutaan alakeskuspistehinnaksi. Puitesopimuksen pistehinta lasketaan puitesopimustarjouksen alakeskuspistehintojen aritmeettisena keskiarvona. (AIRIX talotekniikka Oy 2010a, 5.)

4 KAUKOVALVONNAN TARPEET

4.1 Valvonnan merkitys

Kiinteistöjen kaukovalvonnan merkitys on kasvanut merkittävästi viime vuosina. Hälytystensiirron lisäksi etähallintatoimenpiteet ovat tulleet mahdollisiksi kiinteistöautomaatiossa. Kaukovalvontaa käytetään mm. paloturvallisuudessa, kiinteistöjen kuluksen mittaukseen, kiinteistötekniikan valvonnassa, järjestelmien etähallinnassa ja monessa muussa tehtävässä tehostamassa rakennuksen toimintaa ja ylläpitoa. (ST 669.10. 1999, 3, 4.)

4.2 Paloturvallisuuden valvonta

Paloturvallisuus on kiinteistössä keskeistä. Isoimmissa kiinteistö- ja toimistorakennuksissa on nykyään oltava palonilmaisujärjestelmä, josta hälytystiedot siirretään suoraan valtiolliseen hälytyskeskukseen. Hälytystietoihin on vähintään sisällyttävä paloilmoitustieto (palovikarele) ja yhteysvika. Nykyään kiinteistöstä on mahdollista myös siirtää eritelty, ryhmäkohtainen tieto, jossa paloilmaisujärjestelmään on tallennettu ryhmän tai paloalueen nimi. (ST 669.10. 1999, 3, 4.)

Hätäkeskuksiin tulleet hätäilmoitukset ovat useasti valitettavasti erheellisiä. Tämä johtuu puutteellisesta eritasoisten hälytystietojen reitittämisestä. Esimerkiksi kiinteistöjen palonilmaisujärjestelmä kannattaa rakentaa siten, että palonilmaisujärjestelmä antaa ennakkovaroituksen kiinteistönkäyttäjälle tai -hoitajalle, ennen kuin hälytys lähetetään hätäkeskukseen tai vartiointiliikkeelle. (ST 669.10. 1999, 3, 4.)

4.3 Kiinteistötekniikan valvonta

Kiinteistöjen LVIS-tekniikkaa valvotaan yleensä suurissa kiinteistöissä rakennusautomaatiojärjestelmällä. Se valvoo mm. kiinteistön laitevikoja, yli- ja alilämpöä sekä mahdollisia vesivuotoja. Edellä kuvatuista vikatiedoista automaatiojärjestelmä lähettää hälytysilmoituksen huoltoliikkeen valvomoon, jossa hälytykset käsitellään ja lopulta kuitataan. Hälytysilmoituksen viestiminen automaatiojärjestelmästä voidaan myös toteuttaa suoralla ilmoituksella huoltomiehen matkapuhelimeen. (ST 669.10. 1999, 3, 4.)

4.4 Järjestelmien etähallinta

Kiinteistön automaatiojärjestelmien etähallinta on yksi keskeisimmistä kaukovalvontaan liittyvistä toiminnoista hälytysilmoitusten siirron lisäksi. Etähallinnan avulla voidaan toteuttaa samat automaatiojärjestelmän käyttötoimenpiteet, mitä kiinteistössä paikanpäältä. Ennen etähallinta edellytti yhden laitevalmistajan järjestelmän kokonaisuutta ns. suljettu järjestelmä, mutta nykyään on mahdollista käyttää monen laitevalmistajan järjestelmiä yhdessä ns. avoin järjestelmä. Tämä antaa kaupallisen edun tilaajalle sekä parantaa järjestelmän teknistä kokonaisuutta kilpailun vuoksi. (ST 669.10. 1999, 3, 4.)

4.5 Kiinteistöjen kulutuksen mittaus

Kiinteistöjen erityyppisten kulutustietojen mittaus ja arkistointi tapahtuu yhä useamassa kiinteistössä etämittauksena. Kulutuksen mittaus ja hallinta käsittävät mittaus-tiedonsiirron kiinteistön sähkö-, lämpö-, vesi- ja kaasumittareilta tai niiden kulutustietojen kerääviltä keskittimiltä erilaisiin mittaus- ja hallintajärjestelmiin. Näin kiinteistön kulutustietoja voidaan vertailla aikaisemmilta vuosilta ja analysoida kiinteistöjen kulusarvoja eri vuosina. (ST 669.10. 1999, 3, 4.)

5 KAUKOVALVOTTAVAT JÄRJESTELMÄT

Kiinteistöön kuuluu erilaisia kaukovalvottavia järjestelmiä, joista tärkeimmät järjestelmät ovat mm. palonilmaisujärjestelmät, kulunvalvontajärjestelmät, rakennusautomaatiojärjestelmät ja energiahallintajärjestelmät. (ST 669.10. 2007, 4, 5.)

5.1 Palonilmaisujärjestelmät

Palonilmaisujärjestelmällä lisätään kiinteistön paloturvallisuutta. Sen tehtävänä on antaa automaattinen ilmoitus rakennuksen mahdollisesta tulipalosta. Järjestelmä tulee olla toteutettu siten, että se myös ilmoittaa omista laitevioistaan, jotta turhilta hälytyksiltä välttyttäisiin. Palonilmaisujärjestelmää ei liitetä seutuvalvomoon, koska se on liitetty paikallisen paloviranomaisen piiriin. (ST 669.10. 2007, 4, 5.)

5.2 Kulunvalvontajärjestelmät

Kulunvalvontajärjestelmällä ohjataan luvatonta ja luvallista liikkumista kiinteistössä. Sillä myös valvotaan ovien käyttöä ja niiden sulkeutumista. Suomessa järjestelmä on usein käytössä työajanseurannassa ja jopa liitettynä ruokalan kassajärjestelmään. Kulunvalvontajärjestelmistä siirretään hälytys ja vikatiedot suoraan vartiointiliikkeelle käsiteltäväksi, jonka jälkeen he aloittavat jatkotoimenpiteet saadun hälytyksen vakavuudesta ja tilasta riippuen. (ST 669.10. 2007, 4, 5.)

5.3 Rakennusautomaatiojärjestelmät

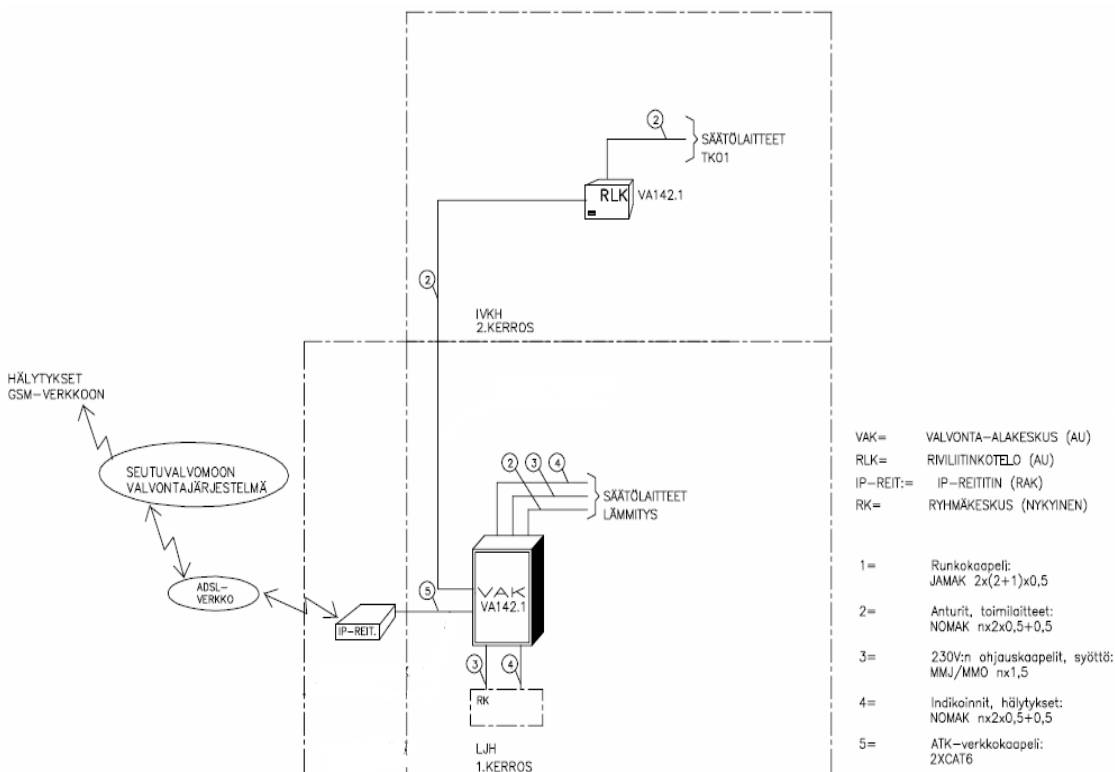
Rakennusautomaatiojärjestelmällä ohjataan ja valvotaan kiinteistön LVIS-tekniikka. Rakennusautomaatiojärjestelmistä siirretään hälytys ja vikailmoituksia suoraan kiinteistönhuoltoyhtiöön, päivystävälle huoltomiehelle, kiinteistönomistajalle tai seutuvalvomoon. Rakennusautomaation ohjaaminen voidaan toteuttaa joko kiinteistössä paikallisesti tai kaukokäyttönä valvomosta käsin. (ST 669.10. 2007, 4, 5.)

5.4 Energiahallintajärjestelmät

Kiinteistöjen energiankulutustietoja keräävistä laiteista siirretään kulutustiedot energialaitokselle ja kiinteistön omiin energianseurantajärjestelmiin. Tämän järjestelmän ansiosta voidaan seurata monen vuoden kulutustietoja, josta voidaan myöhemmin analysoida ja parantaa kiinteistön energiatehokkuutta sekä optimoimaan kiinteistön sähkötulotusta. (ST 669.10. 2007, 4, 5.)

6 SEUTUVALVOMON LIITTÄMINEN JA HANKKEISTAMINEN

Varkauden kiinteistökanta liitetään Kuopiossa sijaitsevaan seutuvalvomoon valokuidun avulla, minkä jälkeen seutuvalvomon ja kiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmän välillä on nopea tiedonsiirtoyhteys. Käytännössä liittäminen tapahtuu kuvan 2 osoittamalla tavalla. Tiedonsiirtoyhteyden avulla voidaan etäkäyttää ja ohjata kiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmää ja muuttaa tarvittaessa kiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmän parametreja. Tiedonsiirtoyhteyden avulla myös valvotaan kiinteistön kiinteistöautomaatiota, sen käyttötilaa ja raportoidaan kiinteistön lämmön, veden ja sähkön tunti-, päivä-, kuukausi- ja vuosikulutuksia. Kiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmä informoi seutuvalvomoon hälytysviestin, jos järjestelmän jonkin hälytyspiirin alaisena oleva parametri ylittää tai alittaa asetetun raja-arvon. Seutuvalvomosta saadun hälytystiedon perusteella lähtee tekstiviesti päivystävän huoltomiehen matkapuhelimeen kyseisen rakennuksen sijainnista ja hälytyksen syystä. Hälytysviestissä on mahdollista myös ilmoittaa kiinteistössä sijaitsevan toimilaitteen sijainti ja hälytyksen vakavuus. Hälytyksen vakavuus voidaan määritellä tapauskohtaisesti jokaiselle toimilaitteelle erikseen. Määrittely lisätään seutuvalvomon valvontaohjelmistoon.

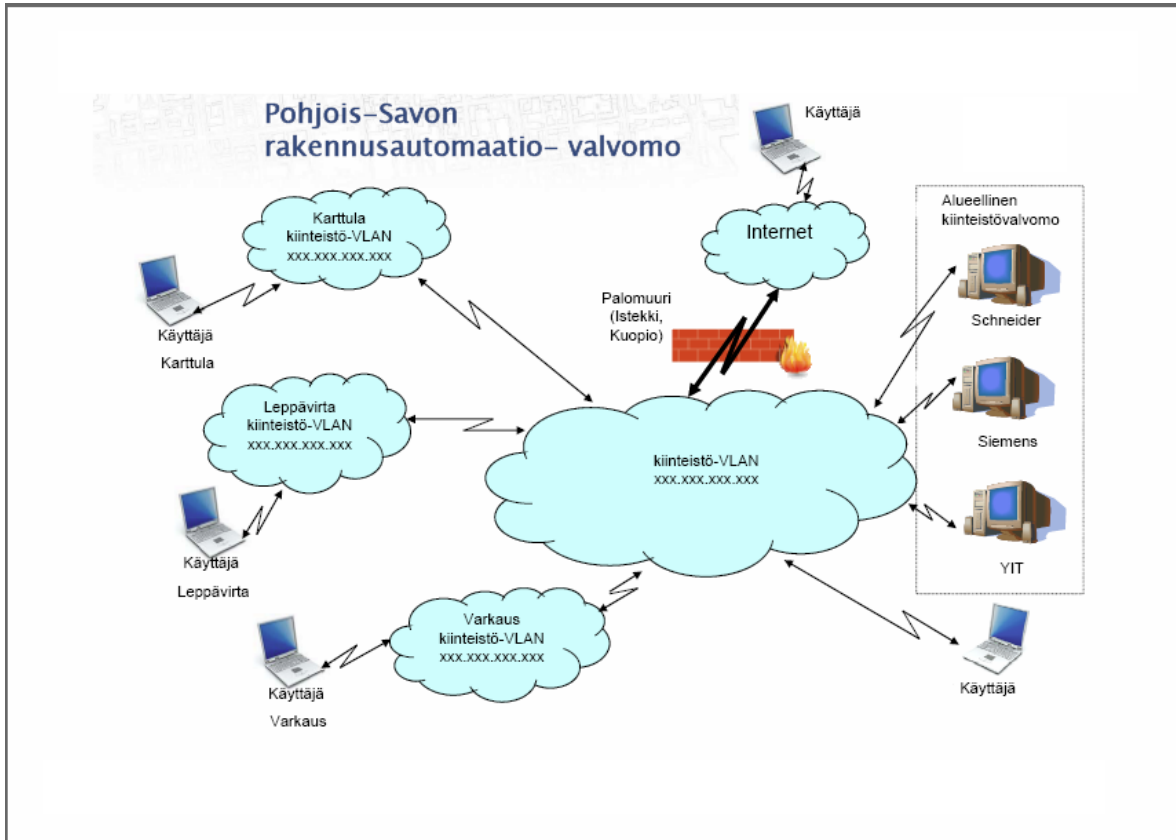


KUVA 2. Seutuvalvomon ja kiinteistön rakennusautomaation liittäminen (AIRIX talotekniikka, 2011)

Kuva 2 havainnollistaa seutuvalvomon ja kiinteistön liittämisperiaatteen. Valvontalakeskuksen (VAK) läheisyydessä rakennusautomaatiojärjestelmä on liitetty kiinteistökohtaiseen keskusyksikköön (PC). Keskusyksikkö on liitetty IP-reitittimen ja ADSL-verkon avulla seutuvalvomon keskusyksikköön. Jotta rakennusautomaatiojärjestelmä ja seutuvalvomojärjestelmä saataisiin kommunikoimaan keskenään, ne tarvitsevat valvontaohjelmiston. Valvontaohjelmisto ohjelmoidaan kiinteistön ja seutuvalvomon keskusyksikköön ennen rakennuksen käyttöönottoa ja tällöin määritetään myös ohjelmalliset valvontapisteet. Valvontapisteet ovat I/O-pisteitä, joista halutaan saada tilatietoja, indikointitietoja tai graafista kuvaa (esim. energiankulutus). Liitteessä 1 on esitetty Computecin (nykyisin YIT kiinteistötekniikka Oy) järjestelmällä tehty malliesimerkki eräästä valvontaohjelmiston aloitusvalikosta.

6.1 SEVA 1 -hanke

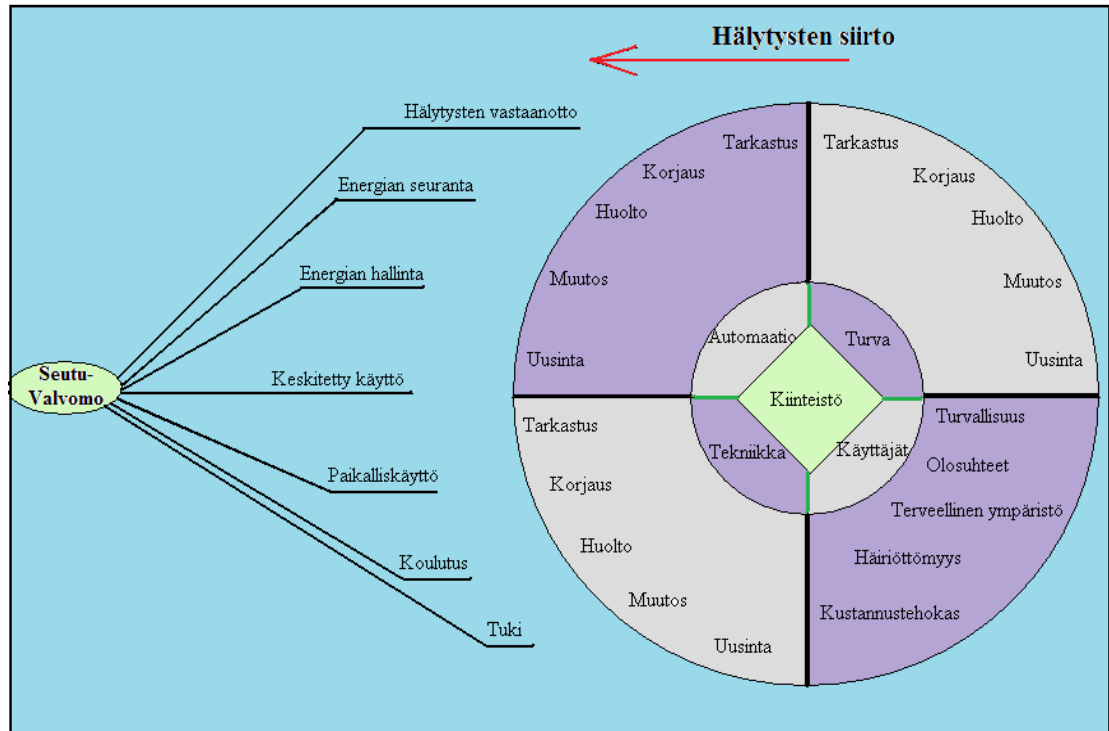
Koko SEVA1 (Pohjois-Savon seutuvalvomo) -hanke koostuu neljän kunnan kokonaisuudesta (Leppävirta, Karttula, Kuopio ja Varkaus). Kuntien jokaisen kiinteistön liittäminen tapahtuu em. kuvan 2 tavalla. Hankkeella on tarkoitus vähentää lämmön- ja sähkönkulutusta 3 650 MWh/vuosi, joka tarkoittanee 185 210 €/vuosi. Varkauden, Leppävirran ja Karttulan kiinteistökanta on yhteensä 70 kpl, jotka on tarkoitus liittää seutuvalvonnan piiriin lähitulevaisuudessa. Jokaisella kunnalla on seutuvalvomossa oma keskusyksikkönsä, joilla voidaan selkeyttää kiinteistöjen hallintaa paikkakuntien välillä. Kuntien kiinteistöjen rakennusautomaatiojärjestelmät ovat seutuvalvomon lisäksi yhteydessä Internetin välityksellä kiinteistön rakennusautomaation tehneeseen urakoitsijaan. Rakennusautomaatiojärjestelmän urakoitsijat on valittu puitesopimuksella ja ne ovat Siemens Oy, YIT kiinteistötekniikka OY ja Schneider Electric Buildings Oy. Kunkin rakennusautomaatiojärjestelmän toteuttanut urakoitsija varmistaa kiinteistöautomaatiikan jatkuvan ja normaalin toiminnan sekä antaa tarvittaessa teknistä tukea kiinteistön hoitajalle. Kuvassa 3 on esitetty SEVA 1 -hankkeen kuntien, urakoitsijoiden ja seutuvalvomon liittynät ja yhteydet toisiinsa. (Kuopion kaupunki 2010a.)



KUVA 3. Kuntien kiinteistökannan liittäminen seutuvalvomon valvontapiiriin (Kuopion kaupunki 2010b).

6.2 Kiinteistön hallinta seutuvalvomosta

Seutuvalvomon on tarkoitus hallita etäyhteydellä kiinteistön rakennusautomaatiota ja näin parantaa sen energiatehokkuutta ja vähentää ylläpitokustannuksia. Energiatehokkuuden myötä kiinteistön tuottamat CO_2 -kasvihuonekaasut vähentyvät samalla, kun sähkön- ja lämmönkulutus vähenee, joten seutuvalvomolla tähdätään myös hyvään ympäristötekkoon. Nämä säästöt ja hyödyt mahdollistetaan nykyaikaisilla rakennusautomaatiojärjestelmillä, joiden avulla voidaan ohjata mm. melkein kaikkia rakennuksen sähköisiä laitteita, seurata kiinteistön energiakulutusta ja valvoa automaatiojärjestelmän toimintaa sekä puuttua nopeasti mahdollisiin vuotoihin. Kuviossa 2 on esitetty kiinteistön kokonaisvaltainen hallinta seutuvalvomon etäyhteydellä.



KUVIO 2. Kiinteistön kokonaisvaltainen hallinta.

6.3 Seutuvalvomon liityntäkustannukset

Seutuvalvomoon liityntä maksaa kunnalle kiinteistömäärästä riippumatta arviolta n. 60 000 € vuodessa. Kulut koostuvat seuraavista seutuvalvomon käyttömenoista:

- henkilöstömenot
- matkakorvaukset
- ATK-linjaverkonvuokrat.

Jotta seutuvalvomon käyttömenot olisivat perusteltuja, täytyy kiinteistön energiankulutuksesta saadut säästöt olla kohtuullisia. Ilman kohtuullista energiankulutuksen pienenemistä kiinteistöissä, ei käyttömenoiksi muodostu tällöin arvioitua 60 000 €:a. Käyttömenoissa huomioidaan siis kiinteistön kohtuullinen energiansäästö, johon kiinteistöautomaatiolla tähdätään. Tällöin kunnalle jää energiansäästön myötä maksettavaksi n. 2/3 vuotuisista käyttömenokustannuksista. Kustannuksia vähentää myös Pohjois-Savon ELY-keskuksen tukipaketti. ELY-keskus maksaa kiinteistöjen rakennusautomaatiojärjestelmän investoinnista n. 25 % kokonaisinvestoinnista. Lisäksi työ- ja elinkeinoministeriö on lupautunut avustamaan seutuvalvomoon liittyvissä käyttökuluissa 35 %. (Kuopion Kaupunki 2010a.)

6.4 Kiinteistön automaatiojärjestelmät

Kiinteistössä täytyy olla asianmukainen rakennusautomaatiojärjestelmä, jotta seutuvalvomon ja kiinteistön välinen ohjelmallinen vuorovaikutus toimisi tiedonsiirtoyhteyksiä pitkin. Rakennusautomaatiojärjestelmän toteuttamisesta huolehtii puitesopimuksella valitut automaatiourakoitsijat, jotka ovat Schneider Electric Buildings Finland Oy, Siemens Oy ja YIT kiinteistötekniikka Oy. Automaatiosuunnittelusta vastaa AIRIX talotekniikka Oy, joka suunnittelee Varkauden kiinteistöihin sopivat ja järkevät automaatiojärjestelmät. Kiinteistön koon mukaan rakennusautomaation tarve vaihtelee suuresti, joten puitesopimuksella on urakoitsijoille määritetty tietty kattohinta eri pistemäärälle. Kattohinta on määritetty seuraaville pistemäärille (AIRIX talotekniikka Oy 2010c, 6):

- $25 \leq \text{I/O-pisteitä} < 35$
- $35 \leq \text{I/O-pisteitä} \leq 70$
- $70 \leq \text{I/O-pisteitä} \leq 100$
- $\text{I/O-pisteitä} > 100$.

Pistemäärän selvittyä saadaan pistehinnoilla laskettua kiinteistön alaraudan ja järjestelmän ohjelmoinnin hinta, johon lisätään vielä uusittavat laitehankinnat eli kenttälaitteet. Edellä mainituista kustannuksista Pohjois-Savon ELY- keskus maksaa 25 % kokonaiskäyttömenoista, joten kunnalle jää maksettavaa 75 % rakennusautomaation kustannuksista. (Kuopion kaupunki 2010a.)

6.5 Kiinteistöjen säätö-, ohjaus- ja valvontapisteet rakennusautomaatiojärjestelmässä

Rakennusautomaatiojärjestelmiä, joihin liitetään säätö-, ohjaus- ja valvontapisteitä ovat lämmitysjärjestelmät, vesi- ja viemärijärjestelmät, ilmastointijärjestelmät, jäähdytysjärjestelmät ja sähköjärjestelmät (AIRIX talotekniikka Oy 2010b, 12).

6.5.1 Lämmitysjärjestelmät

Lämmitysjärjestelmät koostuvat kiinteistön mukaan, jostain seuraavista lämmitysmuodoista (AIRIX talotekniikka Oy 2010b, 12):

- kaukolämpö
- kattilalaitos, johon kuuluvat:
 - öljykattila
 - hakekattila
 - pellettikattila
 - maalämpöpumppu
- lämmitysverkosto.

Tässä työssä tutkitut Varkauden kiinteistöt ovat joko kaukolämpö- tai öljykattilajärjestelmillä toimivia rakennuksia.

6.5.1.1 Kaukolämpö

Tässä työssä kaukolämpöjärjestelmällä toimivat kiinteistöt ovat mekaanisen musiikin museo, kansalaisopisto ja Kinnulankoti. Kaukolämmöllä toimivan kiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmä mittaa tulevan lämmön lämpö määrää ja meno- että paluuveden lämpötilaa. Kaikki lämpö määrämittarit varustetaan impulssilaitteilla, jotka antavat mittaustiedon sekä veden että lämmön määrästä potentiaalivapailta koskettimilta. Rakennusautomaatiojärjestelmään liitetään pääsääntöisesti vain lämpö määrän mittaukset (pää- ja alamittarilta). Veden määrän mittaus harkitaan tapausittain eri kiinteistöissä. Rakennusautomaationvalvontajärjestelmään liitetään meno- ja paluuveden lämpötilamittarit, jotka antavat hälytyksen lämpötilan asetetun raja-arvon ylitettyä tai alitettua. Kuviossa 4 on periaatekuva kaukolämmön rakennusautomaatiojärjestelmän eri mittauspisteistä. (AIRIX talotekniikka Oy 2010b, 12.)

6.5.2.1 Kylmävesiverkosto

Kylmävesiverkosto liitetään rakennusautomaatiojärjestelmään samoin kuin lämmitysverkosto, mutta lisäksi päävesimäärämittauksen avulla muodostetaan indikointitieto mahdollisesta vesivuodosta. Esimerkiksi, jos veden yökulutuksessa ei ole kulutustonta jaksoa, antaa automaatiojärjestelmä hälytyksen mahdollisesta vesivuodosta. Kylmävesiverkostoon liitetään myös paineenmittaus, jotta kiinteistön vedensyöttöpaine olisi jokaisessa vesipisteessä riittävällä tasolla. (AIRIX talotekniikka Oy 2010b, 15.)

6.5.2.2 Kiinteistökohtainen paineenkorotuspumppaamo

Kiinteistökohtainen paineenkorotuspumppaamon liityntä rakennusautomaatiojärjestelmään tapahtuu verkoston painemittauksella, jotta pumppaamon painetta voidaan tarkkailla ja säädellä sen omalla ohjauskeskuksella (AIRIX talotekniikka Oy 2010b, 16).

6.5.2.3 Lämmin käyttövesiverkosto

Lämmin käyttövesiverkoston liityntä rakennusautomaatiojärjestelmään toteutetaan seuraavilla indikointi- ja mittauspisteillä (AIRIX talotekniikka Oy 2010b, 16):

- pumppuhälytys (hälytys aina, kun pumppu on seis)
- verkoston menoveden lämpötilanmittaus.
- säätöventtiilin ohjaus.

Lisäksi harkitaan tapaus- ja kiinteistökohtaisesti, liitetäänkö lämpimän käyttöveden määrämittaus rakennusautomaatiojärjestelmään. Lämpimän veden määrämittauksella saadaan kiinteistön normitettu lämpöenergiankulutus laskettua tarkemmin, koska enää ei tarvitse arvioida lämpimän käyttöveden osuutta kokonaisvedenkulutuksesta.

6.5.3 Ilmastointijärjestelmät

Ilmanvaihdon pysäytystoiminto toteutetaan rakennusautomaatiojärjestelmällä ohjaamalla IV-pysäytys –hälytystiedon perusteella kussakin alakeskuksessa sijaitsevan erillisen IV-pysäytys –ohjauksen ja ohjausreleen avulla. IV-pysäytys –ohjausrele kytketään kunkin puhaltimen ohjausvirtapiiriin. Lisäksi taajuusmuuttajalla varustetut puhaltimet ohjataan suoraan pois päältä valvonta-alakeskuksesta IV-lukitusohjauksella. IV-pysäytys –toiminto pysäyttää kaikki ilmastointikoneet sähkökeskuksen kytkinasennoista huolimatta. (AIRIX talotekniikka Oy 2010b, 17.)

6.5.3.1 Taajuusmuuttajakäyttöinen IV-koneisto

Taajuusmuuttajan liittynät rakennusautomaatiojärjestelmään toteutetaan seuraavilla valvontapisteillä.

- ohjaus
- tilatieto
- taajuusohje
- vikahälytys.

Tapaus- ja kiinteistökohtaisesti valvontajärjestelmän ja taajuusmuuttajan tiedonsiirtoyhteys voidaan toteuttaa väyläliitynnällä, joka voi olla mm. BacNet-, ModBus- tai Profibus-väylätekniikka. Lisäksi taajuusmuuttajalle viedään aina fyysinen IV-lukitustieto, jotta puhallin saadaan pysäytettyä ja taajuusmuuttajan käsikäyttö estetään eri vaaratilanteissa. (AIRIX talotekniikka Oy 2010b, 17.)

Tuloilmakoneen liityntä rakennusautomaatiojärjestelmään toteutetaan vain niiltä osin, mitkä katsotaan olevan tarpeellisia valvontapisteitä. Yleensä jokaiselle tuloilmakoneelle ja IV-verkostolle suunnitellaan ohjelmallinen IV-hälytys, jonka periaatekuva on liitteestä 2. Tuloilmakoneen suodattimen paine-eromittauksen avulla toteutetaan automaatiojärjestelmän ohjelmalliset sekä suodatin- että virtaustoiminnot. Tämä toimii siten, että puhaltimen käydessä tulostuu ohjelmaan suodatinvahtihälytys mikäli kyseisen suodattimen yli vaikuttava paine-ero on suurempi mitä asetusarvo. Puhaltimen käydessä myös tulostuu virtausvahtihälytys mikäli paine-ero suodattimessa on liian pieni asetusarvoon nähden. (AIRIX talotekniikka Oy, 2010b. 18)

Poistoilmakoneen liityntä rakennusautomaatioon saadaan aikaiseksi puhaltimen ohjaus ja käyntitilaindikointi pisteillä (AIRIX talotekniikka Oy 2010b, 20).

6.5.4 Jäähdytysjärjestelmät

Jäähdytysjärjestelmiin kuuluvat vedenjäähdytyskoneikko, jäähdytysvesiverkosto, tilakohtaiset jäähdytyslaitteet ja kylmiöt. Jäähdytysjärjestelmillä pidetään huolta mm. sisäilman oikeasta lämpötilasta kesäisin ja elintarvikkeiden säilyttämisestä.

6.5.4.1 Vedenjäähdytyskoneikko

Vedenjäähdytyskoneikon liityntä rakennusautomaatiojärjestelmään toteutetaan seuraavilla toimintapisteillä (AIRIX talotekniikka Oy 2010b, 20).

- Käyntilupaohjaus ulkolämpötilan perusteella
- Häiriöhälytys
- Koneikon lähtevän veden lämpötilan mittaus.

6.5.4.2 Jäähdytysvesiverkosto

Jäähdytysvesiverkoston liityntä rakennusautomaatiojärjestelmään toteutetaan lämpötilansäädön valvontapisteillä, kiertovesipumpun ohjauksilla ja käyntilaindikoinnilla sekä verkoston painemittauksella. Jäähdytysvesiverkoston lämpötilansäätö on mahdollista, kun mitataan menovesi ja ohjaus toteutetaan, joko 2-tie tai 3-tie säätöventtiilien avulla. Verkoston painemittaus toteutetaan putkistoon asennettavalla T-haaralla, jonka toiseen haaraan asennetaan painelähetin ja toiseen osoittava painemittari. Painemittauksesta ohjelmoidaan valvontajärjestelmään indikointitieto, jotta verkoston paine pysyisi määritetyssä asetusarvossa normaalitoiminnan edellyttämällä tavalla. (AIRIX talotekniikka Oy 2010b, 21.)

6.5.4.3 Tilakohtaiset jäähdytyslaitteet

Tilakohtaiset jäähdytyslaitteet ja kylmiöt ovat liitettynä rakennusautomaatioon huonelämpötilamittauksen avulla. Lisäksi kylmiöön ohjelmoidaan jäähdytyskompressorin vikahälytys tieto, jotta kylmiön lämpötilamuutokset eivät poikkeisi sallituista raja-arvoista. Tapauskohtaisesti voidaan myös tilakohtaisten jäähdytyslaitteiden huonesäädöt liittää rakennusautomaatiojärjestelmään. (AIRIX talotekniikka Oy 2010b, 21.)

6.5.5 Sähköjärjestelmät

Rakennusautomaation sähköjärjestelmiin kuuluvat sähkömittaus, sisävalot, ulkovalot, autolämmityspistorasiat, luiskalämmitykset, räystäskourulämmitykset, loistehon kompensointi ja turvavalaistus.

6.5.5.1 Sähkönkulutuksen mittaus

Sähkönenergian mittaus toteutetaan väyläpohjaisella sähkömittarilla, joka liitetään rakennusautomaatiojärjestelmään BacNet-, ModBus- tai Profibus- väylällä. Mitattavat suureet ovat yleensä V(Jännite), A(Virta), kW(kuormitusteho), kVar(loisteho) ja kWh(sähkötalon tuntikulutus). (AIRIX talotekniikka Oy 2010b, 21, 22.)

6.5.5.2 Ulkovalaistus

Ulkovalojen liityntä rakennusautomaatioon toteutetaan alla olevan luettelon mukaisesti. Lisäksi jokaiselle ulkovalaistusryhmälle asennetaan sähkökeskukseen A-0-1-kytkin (Automaatti- OFF-ON- kytkin). (AIRIX talotekniikka Oy, 2010b. 22.)

- Jokaiseen kiinteistöön asennetaan ainakin yksi ulkovaloisuustasomittauspiste. Mittaustietoa käytetään niissä rakennusautomaationjärjestelmissä, joissa ulkovaloisuustasotietoa voidaan hyödyntää. Esimerkiksi ulkovalaistuksen sytymis- ja sammumishetki voidaan määrittää ulkovaloisuustasontiedon perusteella.
- Valaistusta ohjataan ulkovalaistustasomittauksen ohella myös aikaohjelmalla ja lisäksi jokaiselle valaistusohjaukselle ohjelmoidaan järjestelmään oma aikaohjelma ja kytkentäraja. Esimerkiksi erikoispäivät, jolloin valaistuksen täytyy syttyä tai sammua ennen ulkovaloisuustason määritettyä tasoa.
- Kuntien liikunta-alueitten (jalkapallokenttä, jääkiekkokaukalo jne.) valoille liitetään oma ohjaus rakennusautomaatiojärjestelmään. Ohjaus tapahtuu kuten aikaisemmin, mutta lisäksi ulkolämpötilan ylittyessä esim. -20 °C valaistuksen ohjaus estetään. Ohjaus estetään sillä oletuksella, että valaistavalla alueella ei käyttäjiä ole pakkasrajan ylittymisen jälkeen.

Erikoisvalaistuksen, kuten julkisivuvalot ja mainosvalot ohjelmoidaan omana ryhmäohjauksena ulkovaloisuustasomittauksen ja aikaohjelman perusteella. Näillä ohjauksilla saadaan sähköenergiansäästö maksimoitua tilanteen mukaan.

6.5.5.3 Autolämmityspistorasia

Autolämmityspistorasiat toteutetaan käyttötilaindikoinnilla ja ohjauspisteillä rakennusautomaatiossa. Ohjaukset toteutetaan ulkolämpötilan ja ennalta määritetyn kytkentäjakson perusteella siten, että mitä kylmempi ulkona on sitä kauemmin jännite on kytkentäjakson kokonaisajasta kytkettynä. (AIRIX talotekniikka Oy 2010b, 22, 23.)

6.5.5.4 Loistehon kompensointi ja turvavalaistus

Loistehon kompensointi ja turvavalaistus liitetään rakennusautomaatiojärjestelmään ainoastaan vikahälytys pisteellä. laitteiston ollessa epäkunnossa, niin rakennusautomaatiojärjestelmä antaa hälytyksen laitteen viallisesta toiminnasta. (AIRIX talotekniikka Oy 2011, 24.)

6.5.6 Seutuvalvomoon ei-liitettävät rakennusautomaatiojärjestelmät

Seutuvalvomon valvonnan alaisuuteen ei kuulu murto-, palo- ja kulunvalvonta järjestelmät, tms. seutuvalvomolla pyritään keskittymään seuraamaan energiankulutusta ja valvomaan energiatehokasta toimintaa. Murtohälytysjärjestelmä on keskitetty paikalliselle vartiointiliikkeelle, palojärjestelmä on keskitetty paloviranomaiselle ja kulunvalvonta on keskitetty kiinteistön omalle hallintajärjestelmälle.

7 KIINTEISTÖJEN VIIHTYVYYS JA ENERGIANSAÄSTÖ RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN AVULLA

Rakennusautomaatiosta saadut säästöt koostuvat suurimmilta osin energiakulutuksen ja ylläpitokustannusten pienenemisestä etäkäytön myötä. Automaatiojärjestelmällä on myös vaikutus parantaa sisäilman laatua. Tehostamalla ilmastointijärjestelmää saadaan kohteen sisäilma miellyttäväksi ja raikkaaksi. Hyvä sisäilmanlaatu parantaa työntekoa ja vähentää vuotuisia sairaspöissaoloja. Vähentyneet sairaspöissaolot säästävät vuotuisesti työnantajan kustantamia sairauskulumaksuja. (Seppänen 1997, 180.)

7.1 Ilmastointi ja sisäilman vaikutukset

Ilmastoinnilla tarkoitetaan rakennuksen sisäilman laadun, lämpötilan, kosteuden ja puhtauden ylläpitämistä ilmastointilaitteiden ja ilmanvaihtokoneiden avulla. Ilmastointijärjestelmään kuuluvat ilmastointikone, jäähdytyskone, LTO-laite, kanavat säätölaitteineen ja huonelaitteet. Huonelaitteita on mm. lämpötila-, kosteus- ja DO2-anturit. On arvioitu ja tutkittu, että huono sisäilma aiheuttaa Suomessa vuosittain kustannuksia 3 miljardia euroa, joka tarkoittaa n. 600 € asukasta kohti. Siksi kannattaa erityisesti investoida kiinteistön ilmastointiin ja sisäilmaan, koska investointi on maksanut esimerkiksi toimistorakennuksessa itsensä nopeasti takaisin. Sisäilmalaatu vaikuttaa mm. seuraaviin asioihin (Seppänen ja Palonen 1997, 180):

- työntekijät: terveys ja viihtyvyys
- työnantajat: työn tuottavuus ja sairaskulujen pienentyminen
- kiinteistönomistajat: parempi tuotto, kiinteistön arvon säilyminen ja riskien väheneminen
- palvelujen tuottajat: lisääntynyt liiketoiminta
- yhteiskunta: sisäilmasta aiheutuvien sairauksien väheneminen.

7.2 Energiankulutuksen säästöt

Kiinteistöjen energiankulutusta voidaan vähentää niin sähkön- kuin lämmönkulutuksesta. Lisäksi vedenkulutusta voidaan pienentää puuttamalla nopeasti vesivuotoihin tulleiden hälytystietojen perusteella. Seuraavassa esimerkissä on havainnollistettu, paljonko pienehkö WC-istuin voi kuluttaa vettä vuodessa ja paljon WC-istuimen vesivuoto tulee maksamaan, jos vedenkulutusta ei kiinteistössä valvota. (Sahlsten 2012, 221.)

Esimerkki WC-istuimen vuodosta aiheutuneista kustannuksista:

Jos vedenhinta on $2,7 \text{ €/m}^3$, on kulutus

tunnissa	$0,2 \text{ m}^3/\text{h} \times 2,7 \text{ €/m}^3 = 0,54 \text{ €/h}$
vuorikaudessa	$24 \times 0,54 \text{ €} = 12,96 \text{ €}$
viikossa	$7 \times 12,96 \text{ €} = 90,72 \text{ €/viikko}$
kuukaudessa	$30 \times 12,96 \text{ €} = 388,80 \text{ €/kk}$
vuodessa	$365 \times 12,96 \text{ €} = 4730,40 \text{ €/vuosi. (Sahlsten 2012, 221.)}$

7.3 Rakennusten lämmitysenergian kulutuksen normitus

Rakennuksen lämmitystarpeeseen vaikuttaa vuosittainen sää, jonka takia täytyy lämmitysenergian kulutus normeerata eli korjata lämmitystarveluvulla. Tämän jälkeen voidaan vertailla rakennusten energiankulutusta eri kuukausina tai vuosina. Vertailu onnistuu myös eri paikkakuntien välillä, kun huomioidaan kullekin paikkakunnalle annettu oma lämmitystarveluku ja paikkakuntakohtainen kerroin.(Motiva 2010.)

7.3.1 Lämmitystarveluku

Lämmitystarveluku määritellään laskemalla yhteen jokaisen kuukauden päivittäinen sisä- ja ulkolämpötilan erotus. Tarkempi määritelmä löytyy ja on selitetty ST-kortissa 95.82, jossa ohjeistetaan käyttämään lämmitystarvelukua S17. Siinä on oletettu lämpötilan kantaluvuksi $+17 \text{ °C}$, koska oletuksena on, että jäljelle jäänyt rakennuksen lämmitystarve saadaan ns. ilmaisenergiasta. Tämä ilmaisenergia kostuu rakennuksen aurinkosäteilyn saamasta lämmöstä, ilmastoinnista, ihmisistä ja sähkölaitteiston tuottamasta lämpöenergiasta. Vertailuarvona käytetään normaalivuoden lämmitystarvelukua, joka on vuosien 1971 - 2000 keskimääräinen lämmitystarveluku. Kuudentoista vertailupaikkakunnan lämmitystarveluvut kuukausi- ja vuositasolla saadaan ilmatieteenlaitokselta, jossa on laskettu toteutuneet lämmitystarveluvut.(Motiva 2010.)

Nykyään toteutuneet lämmitystarveluvut voidaan laskea kiinteistön automaatiojärjestelmästä saatujen toteutuneiden ulkolämpötilojen avulla suoraan kulutusseurantajärjestelmästä. Järjestelmä säästää turhalta vaivalta, koska toteutuneita lämmitystarvelukuja ei tarvitse enää erikseen syöttää kulutusseurantaohjelmaan. Vuoden lämmitystarveluku saadaan laskemalla kuukausittaiset lämmitystarveluvut yhteen ja kuukauden lämmitystarveluvut saadaan laskemalla kaikki päivittäiset lämmitystarveluvut yhteen. Päivittäinen lämmitystarveluku S_{17} saadaan laskettua ilmatieteenlaitoksen määrittelemällä kaavalla 2. (Motiva 2010.)

$$S_{17^{\circ}\text{C}} = T_{\text{Ulkolämpötilan keskiarvo}} - T_{\text{Sisälämpötila}} \quad (2)$$

jossa

$S_{17^{\circ}\text{C}}$ = päivittäinen lämmitystarveluku

$T_{\text{Ulkolämpötilan keskiarvo}}$ = päivittäinen ulkolämpötilan keskiarvo

$T_{\text{Sisälämpötila}}$ = oletettu sisälämpötila (17 °C).

Laskennassa ei kuitenkaan oteta huomioon päiviä, jolloin keskilämpötila on keväällä yli +10 °C ja syksyllä yli 12 °C. Oletuksena on, että tällöin lämmittäminen lopetetaan ja aloitetaan ulkolämpötilan ylittäessä tai alittaessa em. lämpötilat.

7.3.2 Tutkittavien kiinteistöjen lämpöenergian normeeraus

Lämmönkulutuksen normitus tutkittavissa kohteissa toteutuu Motiva Oy:n määrittelemien laskentaohjeiden mukaisesti. Korjatussa lämpöenergian kulutuksessa on otettu huomioon toteutuneet lämmitystarveluvut ja lämpimän käyttöveden osuus. Normitus voidaan suorittaa saman rakennuksen eri kuukausi- tai vuosikulutusten kesken. Normitus voidaan myös suorittaa eri paikkakunnilla olevien kiinteistöjen kesken. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on vertailla saman rakennuksen kulutusta eri ajanjaksona, joten kiinteistön normitettu lämpöenergian kulutus kuukausitasolla lasketaan kaavalla 3. (Motiva 2010.)

$$Q_{\text{norm}} = \frac{S_{N \text{ vpkunta}}}{S_{\text{toteutunut vp kunta}}} * Q_{\text{toteutunut}} + Q_{\text{lämmin käyttövesi}} \quad (3)$$

jossa

Q_{norm} = rakennuksen normitettu lämmitysenergian kulutus

$Q_{toteutunut}$ = rakennustilojen lämmittämiseen kuluva energia

$Q_{toteutunut} = Q_{kok} - Q_{lämmän\ käyttövesi}$

Q_{kok} = rakennuksen kokonaislämmitysenergiankulutus

$Q_{lämmän\ käyttövesi}$ = lämpimän käyttöveden kokonaisenergiankulutus

$S_{N\ vpkunta}$ = normaalivuoden tai -kuukauden (1971 - 2000) lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla (Kuopio)

$S_{toteutunut\ vpkunta}$ = kuukauden tai vuoden toteutunut lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla (Kuopio).

Normitusta tehtäessä täytyy muistaa, että normitus koskee vain rakennustilojen lämmittämiseen kuluva energiaa. Käyttöveden lämmittämiseen kuluva energia ei riipu ulkolämpötilasta, joten se vähennetään kokonaislämpöenergiasta ennen normitusta. (Motiva 2010.)

7.3.3 Lämmin käyttövesi

Käyttöveden lämmittämiseen tarvittava energia ei riipu juuri ollenkaan ulkolämpötilasta, siksi sen osuus erotetaan normitettavasta lämpöenergiakulutuksesta. Varsinaisen käyttöveden lämmittämiseen vaatiman energiamäärän lisäksi lämpimän käyttöveden kiertojohtojen lämpöhäviöt ovat usein merkittävät. Tämä huomataan etenkin vanhoissa rakennuksissa, koska lämpimän käyttöveden lämmitykseen kuluva energiamäärä voi olla samansuuruinen kuin kiertojohtojen lämpöhäviöt. (Motiva 2010.)

Lämpimän käyttöveden energiankulutus lasketaan kaavalla 4. Lämpimän käyttöveden osuutta ei Varkauden tutkittavissa kiinteistöissä ollut selvillä, joten kulutettu lämpimän käyttöveden määrä piti kertoa kertoimella 0,3. Tämä tarkoittaa sitä, että lämpimän käyttöveden osuus kokonaisvedenkulutuksesta on 30 %. Motiva Oy antaa arviot lämpimän käyttöveden osuudesta verkkosivuillaan erityyppisille kiinteistöille. (Motiva 2010.)

$$Q_{lkv} = 58 + V_{lkv} \quad (4)$$

jossa

Q_{lkv} = käyttöveden energiankulutus (kWh/vuosi)

58 = veden lämmittämiseen (lämpötilan muutos 50 °C) tarvittava energianmäärä vesikuutiota kohden (kWh / m³)

V_{lkv} = kulutettu lämpimän käyttöveden määrä (m³ / vuosi).

Jos kiinteistön vesijärjestelmä on varustettu lämpimän veden vesimäärämittarilla, voidaan lämpimän käyttöveden energiankulutus laskea kaavaa 5 käyttäen. (Motiva 2010.)

$$Q = \frac{p \cdot c_p \cdot V \cdot (T_2 - T_1)}{3600} \quad (5)$$

jossa

Q = veden lämmittämiseen kulunut energia (kWh)

p = veden tiheys (1000 kg/m³)

c_p = veden ominaislämpökapasiteetti (4,2 kJ /kg °C)

V = vedenkulutus (m³)

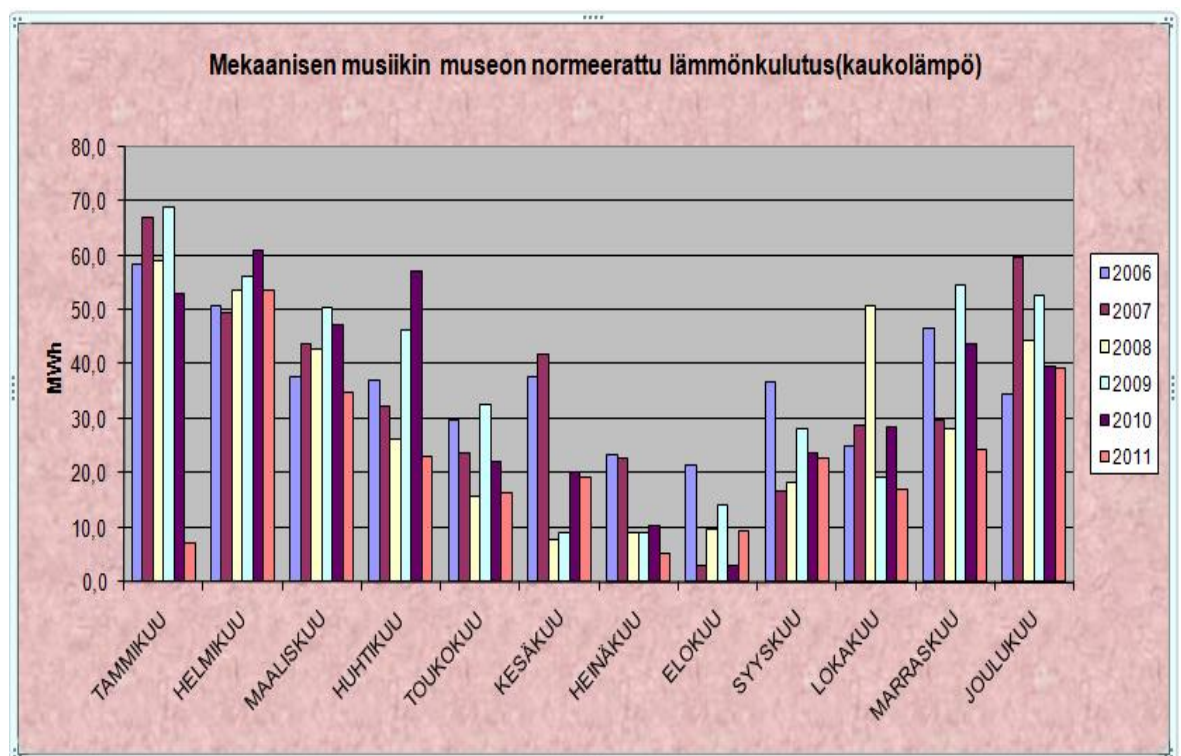
t_2 = lämmitetyn veden lämpötila, tyypillisesti 55 °C

t_1 = lämmitettävän veden lämpötila, tyypillisesti 5 - 10 °C

3600 = yksikkömuunnoskerroin (kJ → kWh).

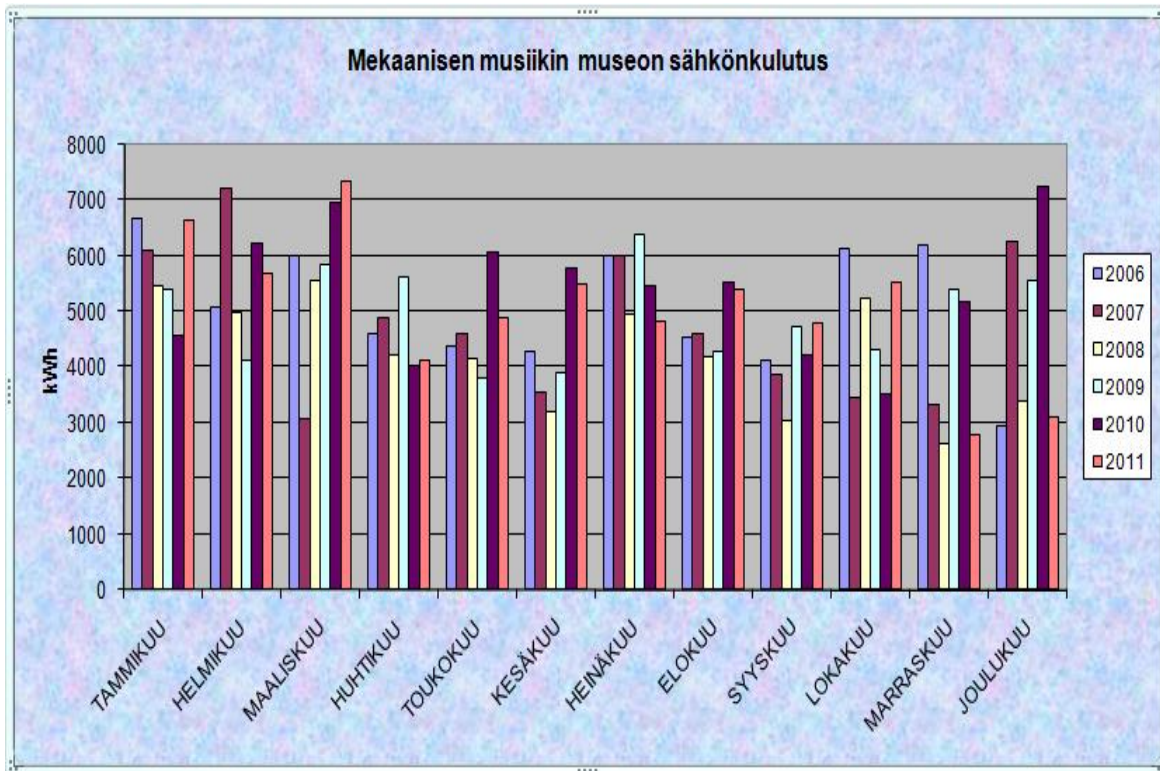
8 SEUTUVALVALVONTAAN LIITTYVIEN KIINTEISTÖJEN KANNATTAVUUS

Kiinteistöjen energiakulutustiedot saatiin selville Varkauden kaupungin sisäisestä verkkorakennustietokannasta (Haahtela). Siellä on esitetty Varkauden kaupungin omistamien kiinteistöjen veden, sähkön ja lämmönkulutustiedot, joiden avulla sain tutkittavien kiinteistöjen vuotuiset kulutukset kuukausitasolla selvitettyä. Jotta tulokset olisivat luotettavat ja suuntaa antavat, piti laskennassa käyttää hyödyksi usean vuoden keskiarvokulutusta. Lisäksi lämpöenergian laskemisessa täytyy huomioida eri vuodenaikojen lämmitystarveluku, jotta pystytään vertailemaan saman kiinteistön lämmönkulutusta eri kuukauden- ja vuodenaikana. Energiankulutuksista tein kulutuskaaviot, joista pääsin vertailemaan saman kiinteistön kuukausi- ja vuosikulutusten eroavaisuuksia. Kaavioissa 1 - 3 on esitetty mm. Mekaanisen musiikin museon lämpöenergian-, sähköenergian- ja vedenkulutustiedot. Niissä on esitetty kyseisen kiinteistön jokaisen kuukauden kulutustieto vuosilta 2006 - 2011. Kulutustietoja on käytetty tässä työssä myöhemmin energiankulutustietojen laskemiseen.



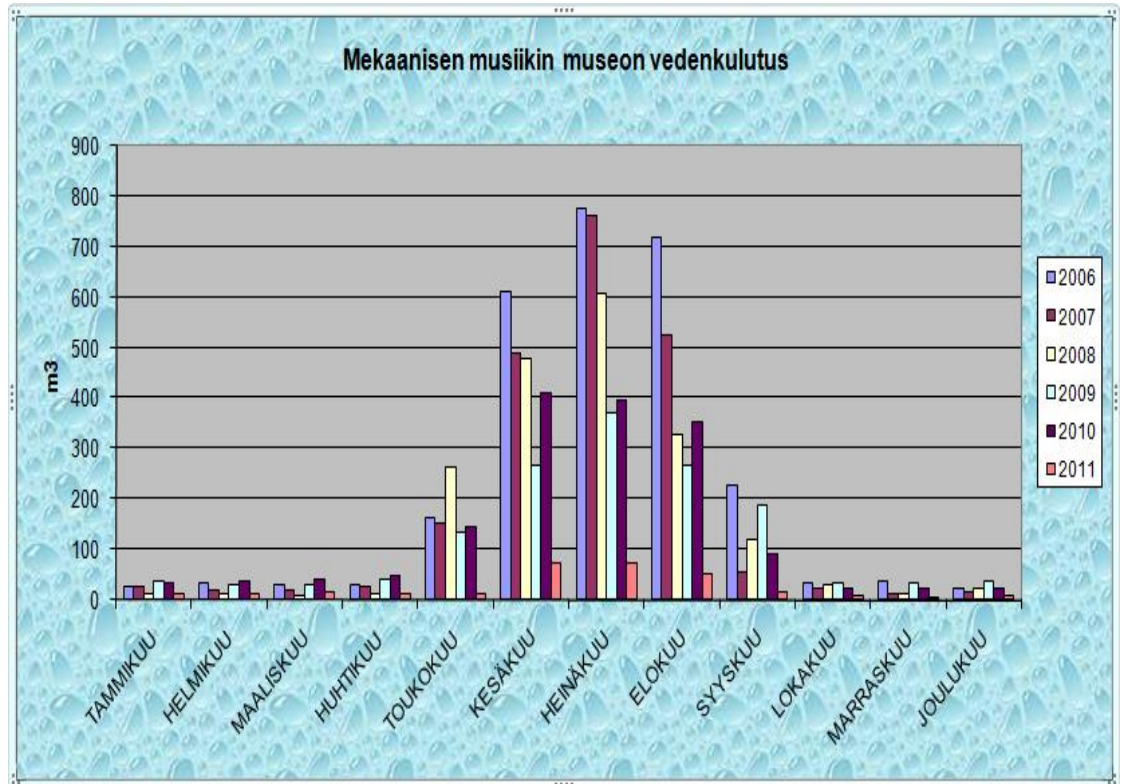
KAAVIO 1. Mekaanisen musiikin museon lämpöenergiankulutustiedot

Kaavio 1 esittää mekaanisen musiikin museon lämpöenergiankulutusta. Lämpöenergiankäyttö kiinteistössä on suurimmillaan talvisin ja vähäisimmillään kesäisin.



KAAVIO 2. Mekaanisen musiikin sähköenergiankulutustiedot

Kaaviossa 2 voidaan todeta sähköenergiankulutuksesta, että kiinteistön sähköenergiankulutus on ollut melko epävakaista. Epävakainen sähkönkulutus johtuu kiinteistön epäsäännöllisestä käytöstä.



KAAVIO 3. Mekaanisen musiikin vedenkulutustiedot

Kaavion 3 vedenkulutus esittää hyvin kiinteistön vuotuisen vedenkäytön keskittymisen. Museo aukeaa asiakkaille toukokuussa ja sulkeutuu syyskuussa, siksi vedenkulutushuiput kiinteistössä keskittyvät kesäkuukausille. Lisäksi kiinteistön vettä käytetään kesäisin kiinteistöä ympäröivän puiston ja kasvien kasteluun, mikä kasvattaa kiinteistön vedenkulutusta huomattavasti.

8.1 Kiinteistöjen energiankulutustiedot

Kiinteistöjen energiankulutuksen selvittyä pystyttiin energiankulutukset laskemaan vuosi- ja kuukausitasolla ja niistä syntyneet energiakustannukset. Energiakulutuskustannuksista pystytään selvittämään laskemalla ja arvioimalla keskimääräinen säästö. Seutuvalvomo (SEVA 1.) projekti on niin tuore hanke, että emme voineet saada todellista tietoa vielä vuotuisista säästöistä. SEVA 1. projektin ideana oli, että lämmitys- ja sähkönkulutusta vähennetään vuositason n. 5 %. Kyseisellä säästöprosentilla laskin kiinteistön vuotuiset energiankulutussäästöt kulutustietojen perusteella. Liitteessä 3 on esitetty Varkauden kaupungin seutuvalvomoon jo liitettyjen kiinteistöjen vuosikulutukset sekä kiinteistöjen, joiden kannattavuutta tarkastellaan tässä lopputyössä. Sinisellä fontilla olevat kiinteistöt ovat tarkastelun alaisia kiinteistöjä.

8.2 Kiinteistöjen energiankulutussäästöt

Kun oletuksena pidetään, että kiinteistöjen sähköenergian- ja lämpöenergiankulutus laskee 5 % seutuvalvomon liittymisen jälkeen, se säästäisi kaupungin vuotuisia kustannuksia em. kiinteistöillä yhteensä n. 16895 € vuodessa. (Laskelmissa on käytetty Savon Voiman sähkönhintaa, Varkauden aluelämmön keskimääräistä kaukolämpöhintaa ja Teboilin kevytöljyn litrahintaa). Liitteessä 4 on kiinteistöjen energiankulutustietoja hyödyntäen laskettu vuotuiset energiankulutussäästöt. Tästä voidaan todeta, että jo vähäisellä kiinteistömäärällä saadaan tuntuvia säästöjä vuodessa pelkän energiankulutuksen keskittämällä seutuvalvomoon.

8.3 Kiinteistön rakennusautomaation investointikustannukset ja takaisinmaksuajat tutkittavissa kiinteistöissä

Kiinteistöjen rakennusautomaatiojärjestelmän hinta määräytyy viidestä osasta, jotka ovat seuraavat: (Tässä ei ole huomioitu suunnittelu ja matkakuluja)

1. kenttälaitteet
2. ohjelmointi
3. valvonta- alakeskus varusteineen
4. valvomolaitteet
5. kaapelointi

Em. Rakennusautomaatiojärjestelmän varustus tulee maksamaan kiinteistöstä ja I/O-pistemääristä riippuen liitteissä 5 - 12 mainitun summan. Tässä lopputyössä tarkastelua on tehty YIT kiinteistötekniikka Oy:n antamilla esimerkki investointihinnoilla (VAK1 – VAK8), jolla on laskettu kahdeksalle eri valvonta-alakeskukselle esimerkkihinnat. Hinnat koostuvat em. rakennusautomaatiojärjestelmän välineistöstä ja ohjelmoinnista lukuun ottamatta kaapelointia. Jokainen kiinteistö on erilainen ja tarvitsee erimäärän kenttälaitteita ja I/O-liityntäpisteitä. Kannattavuuden tarkastelua on lähdetty miettimään, vertailemalla kiinteistöjen rakennusautomaatiojärjestelmien esimerkkihintoja ja kiinteistöjen energiankulutussäästöjä/vuosi. Kulutustiedot ja niistä lasketut säästöt perustuvat 2006 – 2011 välisen ajan keskiarvokulutukseen (Liite 3).

Liitteessä 13 on laskettu rakennusautomaatiojärjestelmän hinnat I/O-piste-esimerkkihintoja käyttäen neljällä investointityylillä. Lisäksi käyrästään on piirretty tutkittavien kiinteistöjen energiansäästökäyrät 10 vuoden ajalta. 1 – 3 investointityylit liitteissä (13 - 16) on määritelty seuraavasti:

- 1. Investoinnissa on otettu huomioon järjestelmän ohjelmoinnin- ja seutuvalvomolaitteiston yhteinen investointihinta. Tätä käyrää käytetään, kun rakennusautomaatiojärjestelmä on kiinteistössä kunnossa ilman ohjelmointia ja tarvittavia seutuvalvomolaitteita. Tällöin rakennuksessa on ennestään valmiiksi toimivat kenttälaitteet ja alakeskusrauta, jotka on mahdollista liittää seutuvalvomoon piiriin.
- 2. Investoinnissa on otettu huomioon rakennusautomaatiojärjestelmän ohjelmointi, alakeskusrauta ja seutuvalvomoon tarvittavien laitteiden investointihinta. Tätä käyrää käytetään, kun kiinteistössä on käyttövalmiit ja kunnossa olevat kenttälaitteet. Rakennukseen täytyy investoida tällöin alakeskus, alakeskuksen ohjelmointi ja seutuvalvomolaitteet.
- 3. Investoinnissa kiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmä uusitaan kokonaan. Investointihinta koostuu tällöin kenttälaitteista, alakeskuksesta, alakeskuksen ohjelmoinnista ja seutuvalvomolaitteistosta. Tätä käyrää käytetään, kun kiinteistössä ei ole rakennusautomaatiojärjestelmää tai järjestelmä on vanhentunut.

Liitteessä 13 (kaavio) havainnollistetaan kiinteistön ja seutuvalvomoon liittämisen vähimmäisvaatimus. Kaaviossa on esitetty kolmen investointityylin esimerkkihinnat, kiinteistöjen vuotuiset säästöt ja katkoviivalla on esitetty seutuvalvomolaitteiston investointihinta. Kiinteistöjen säästöjen on aina ylitettävä seutuvalvomolaitteiden investointihinnan, koska tähän ei ole lisätty vielä mitään kiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmään liittyviä laitteita tai ohjelmointia.

Liitteessä 14–16 on liitteen 13 kaavion pohjalta tarkennettu apuviivoja käyttäen kiinteistöjen investointikustannuksia ja takaisinmaksuaikoja. Seuraavana on selitetty jokaisen kaavion (liitteet 13–16) merkitys ja tulkinta:

- Liitteessä 13 on tilanne, jossa kiinteistöön ei tarvitse lisätä rakennusautomaatiojärjestelmän laitteistoa, koska rakennuksessa on jo valmiiksi toimiva järjestelmä. Tarvittava investointi on seutuvalvomolaitteisto, jotta kiinteistön liittäminen valvomoon olisi mahdollista. Kyseessä on järjestelmän minimi-investointihinta, jonka kiinteistö täytyy vähintään maksaa ennen 10 vuoden takaisinmaksuaikaa.

- Liitteessä 14 on tilanne, jossa kiinteistöön investoidaan I/O-pisteiden ohjelmointi ja seutuvalvomoon tarvittava laitteisto. Kaaviota käytetään, kun kiinteistössä on entuudestaan tulevaan järjestelmään yhteensopivat kenttälaitteet ja alakeskusrauta.
- Liitteessä 15 on tilanne, jossa kiinteistöön lisätään ohjelmoinnin lisäksi alakeskusrauta tarvittavilla komponenteilla ja laitteilla. Kaaviota käytetään, kun kiinteistössä on yhteensopivat kenttälaitteet, mutta ne ei ole ohjelmoitu alakeskukselle ja seutuvalvomolle yhteensopivaan ohjelmalliseen käyttötilaan.
- Liitteessä 16 on tilanne, jossa kiinteistöön saneerataan kokonaan uusi automaatiojärjestelmä eli kiinteistöön lisätään kenttälaitteet, alakeskusrauta laitteistoinen ja alakeskuksen ohjelmointi. Kaaviota käytetään, kun kiinteistössä ei ole ollenkaan tai on olematon automaatiojärjestelmä. Tällöin kiinteistö on mahdoton liittää seutuvalvomoon ilman täydellistä saneerausta.

Liitteistä 13–16 voidaan todeta jokaisen kiinteistön osalta, onko kiinteistön liittäminen seutuvalvomoon kannattavaa, jos 10 vuoden takaisinmaksuaikaa pidetään liittämisen kannalta järkevänä perusteena. Laskelmissa ei ole huomioitu luvun 7.1 parantuneen sisäilman hyötyjä ja säästöjä. Myöskään laskelmissa ei ole otettu huomioon säästöjä, jotka saadaan vähentyneistä kiinteistönhuoltotunneista. Edellä mainitut säästöt katsotaan kannattavuuslaskelmissa vain eduksi takaisinmaksun rajatapauksissa.

8.4 Tulokset

Lopputuloksena saatiin liitteiden 13–16 alla esitetyt tulokset ja päätelmät pohjalta (kohdat 1–4). Liitteiden 14–16 lähtökohtana pidettiin, että kyseiset rakennukset sisältävät enintään 31 kpl I/O-liityntäpistettä.

- 1) Liitteen 13 tuloksena saatiin, että kaikki muut kiinteistöt paitsi Könönpellon nuorisotalo on kannattavaa liittää seutuvalvomoon. Könönpellon nuorisotalo ei maksa 10 vuodessa omaa investointikustaan takaisin. Yhteenveto takaisinmaksuajoista ja kannattavuuksista:
 - kansalaisopisto 8,5 vuotta
 - Kinnulankoti 10 vuotta
 - mekaanisen musiikin museo 5,5 vuotta
 - Könönpellon nuorisotalo >10 vuotta (investointi ei ole kannattava).

2) Liitteen 14 (investointi 1) tuloksena saatiin, että mekaanisen musiikin museon ja kansalaisopiston takaisinmaksuaika pitenee n. 0,5 vuodella. Lisäksi Kinnulankodin takaisinmaksuaika ei aivan ehdi täyttyä ennen 10 vuotta. Rajatapauksissa katsottiin kuitenkin eduksi rakennusautomaatiojärjestelmästä saadut muut hyödyt ja säästöt. Joten voidaan katsoa Kinnulankodin olevan myös kannattava investointikohde. Yhteenveto takaisinmaksuajoista ja kannattavuuksista:

- kansalaisopisto 9 vuotta
- Kinnulankoti n. 10 vuotta, kannattavuudessa katsottu eduksi parantunut sisäilma ja kiinteistöhuollon vähentyneet työkustannukset
- mekaanisen musiikin museo 6 vuotta
- Könönpellon nuorisotalo EI KANNATTAVA.

3) Liitteen 15 (investointi 2) tuloksena saatiin, että Könönpellon nuorisotaloa ja Kinnulankotia ei ole kannattavaa liittää seutuvalvomoon liian pitkän takaisinmaksuajan takia. Kannattavat investointikohteet ovat mekaanisen musiikin museo ja kansalaisopisto. Kansalaisopiston kannattavuudessa täytyy huomioida vielä rakennusautomaatiojärjestelmästä saadut muut hyödyt ja säästöt. Yhteenveto kiinteistöjen takaisinmaksuajoista ja kannattavuuksista:

- kansalaisopisto n. 10 vuotta, kannattavuudessa katsottu eduksi parantunut sisäilma ja kiinteistöhuollon vähentyneet työtunnit
- Kinnulankoti EI KANNATTAVA
- mekaanisen musiikin museo n. 7 vuotta
- Könönpellon nuorisotalo EI KANNATTAVA.

4) Liitteen 16 (investointi 3) tuloksena saatiin, että ainoastaan mekaanisen musiikin museo on kannattavaa liittää seutuvalvomoon. Muilla kiinteistöillä takaisinmaksuajat ovat liian pitkät, jotta ne olisivat kannattavia investointikohteita. Yhteenveto kiinteistöjen takaisinmaksuajoista ja kannattavuuksista:

- kansalaisopisto EI KANNATTAVA
- Kinnulankoti EI KANNATTAVA
- mekaanisen musiikin museo n. 8,5 vuotta
- Könönpellon nuorisotalo: EI KANNATTAVA

9 YHTEENVETO

Työn edetessä huomattiin, että seutuvalvomon ja kiinteistöjen kannattavuuden tutkiminen oli ennenaikaista, koska seutuvalvomohanke on toiminut vasta lyhyen ajan. Todellisista säästöistä ei tämän takia ollut varmaa tietoa, joten jouduttiin laskelmissa oletamaan kiinteistöjen energiansäästöt. Työn tavoitteena oli tutkia neljän alle 2000 m²:n kiinteistön ja seutuvalvomon liittämisen kannattavuutta. Kiinteistöjen kannattavuuksia mietittiin tekemällä yksinkertainen kaavio, jossa kaksi vaikuttavaa tekijää olivat rakennusautomaatiojärjestelmän investointikustannukset ja kiinteistön vuotuiset energiansäästöt. Näillä tiedoilla ja 10 vuoden takaisinmaksuajalla jokaisen kiinteistön kannattavuus syntyi helpohkosti.

Yhteenvedona työstä todettiin, että ainoastaan mekaanisen musiikin museo kannattaa liittää seutuvalvomoon. Mekaanisen musiikin museo täyttää kannattavuuden kriteerillä tahansa investointivaihtoehdolla. Kannattavuuden kriteerinä pidettiin, että kiinteistön energiasäästöt maksavat investointikustannuksen takaisin alle 10 vuodessa. Kansalaisopiston ja Kinnulankodin liittäminen seutuvalvomoon on kannattavaa vain, jos kiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmään ei tarvitse uusia erillisiä kenttälaitteita vaan vanhat järjestelmät käyvät nykyiseen automaatiojärjestelmään. Könönpellon nuorisotalon 358 m²:n kokoista kiinteistöä ei kannata liittää seutuvalvomoon millään investointivaihtoehdoilla. Könönpellon nuorisotalo ei saa niin suuria energiasäästöjä, jotta se kattaisi järjestelmän investointikustannukset. Kaikkiin tutkittaviin kiinteistöihin eli Könönpellon nuorisotalon, Kinnulankodin, kansalaisopiston ja mekaanisen musiikin museon rakennusautomaatiojärjestelmä on saneerattava kokonaan uudeksi järjestelmäksi. Tällöin vain Mekaanisen musiikin museo on ainoa kiinteistö, joka on kannattava investointikohde Varkauden kaupungille.

Työn päätelmistä huomasin, että kiinteistön liittäminen seutuvalvomoon on kannattavaa vain silloin, kun kiinteistön koko lähentelee 2000 m²:n pinta-alaa ja rakennusautomaatiojärjestelmään lisätään kohtuullinen määrä I/O-liityntäpisteitä. Tällöin kiinteistön energiansäästöt ovat kannattavia eli säästöt maksavat rakennusautomaatiojärjestelmän investointikustannukset takaisin alle 10 vuodessa. Lisäksi tehtiin mallikaavio Varkauden kaupungille, jolla voidaan tutkia kiinteistöjen ja seutuvalvomon liittämisen kannattavuutta tulevaisuudessa. Mallikaaviota on myös mahdollista käyttää seuraavan vuoden budjettiesityksessä yhtenä investoinnin perusteena.

LÄHTEET

AIRIX talotekniikka Oy. 2010a. *Pohjois-Savon seutuvalvomo: rakennusautomaatiojärjestelmän hankintaohjelma*. Tampere.

AIRIX talotekniikka Oy. 2010b. *Pohjois-Savon seutuvalvomo: rakennusautomaatiojärjestelmän suunnitteluohje*. Tampere.

AIRIX talotekniikka Oy. 2010c. *Pohjois-Savon seutuvalvomo: rakennusautomaatiojärjestelmän urakkaohjelma*. Tampere.

AIRIX talotekniikka Oy. 2011. *Rakennusautomaatiojärjestelmä, Järjestelmäkaavio*. Tampere.

Harju, P. 2003. *Talotekniikan automaatio, mittaus ja säätö*. Kouvola: Penan Tietopus Ky.

Koivisto, P. 1998. *Avoimet rakennusautomaatiojärjestelmät*. Espoo: Sähköinfo Oy.

Kuopion kaupunki. 2010a. *Pohjois-Savon seutuvalvomo on ensimmäinen laatuaan Suomessa*. [verkkajulkaisu] [viitattu 22.3.2012]

Saatavissa: <http://w3.kuopio.fi/net.nsf/TD/240610133425405?OpenDocument>

Kuopion kaupunki. 2010b. *Pohjois-Savon kiinteistövalvomo*. [verkkajulkaisu] [viitattu 22.3.2012].

Saatavissa: http://www.kuopio.fi/c/document_library/get_file?uuid=6b7a9973-118e-4dbe-9919-9939429807d4&groupId=71749

Motiva Oy. 2010. *Rakennusten lämmitysenergiankulutuksen normitus*. [verkkajulkaisu] [viitattu 1.4.2012].

Saatavissa:

http://www.motiva.fi/files/2840/Rakennusten_lammitysenergiankulutuksen_normitus.pdf

Piikkilä, V. 2008. *Kiinteistöjen valvomojärjestelmät*. Espoo: Sähköinfo Oy.

Piikkilä, V. 2001. *Rakennusautomaatiojärjestelmät*. Espoo: Sähköinfo Oy.

Piikkilä, V. 2012. *Rakennusautomaatiojärjestelmät*. Espoo: Sähköinfo Oy.

Seppänen, O. & Seppänen, M. 1997. *Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka*. Helsinki: Sisäilmayhdistys ry.

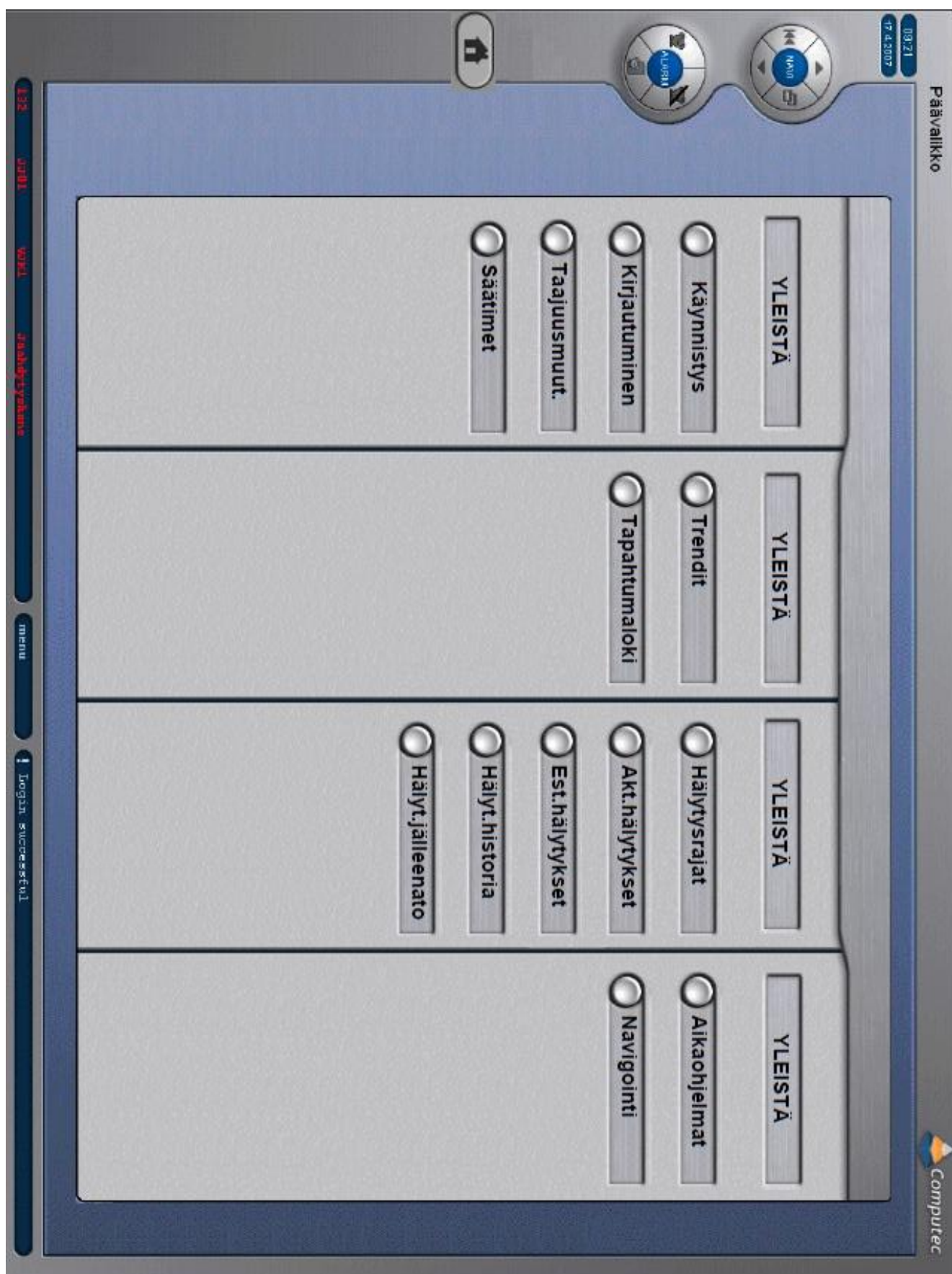
Seppänen, O. & Palonen, J. 1997. *Sisäilman vaikutukset*. Sisäilmayhdistys ry.[verkkojulkaisu] [viitattu 20.4.2012]. Saatavissa:
http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/sisailmasto/sisailman_vaikutukset/

Sahlsten T. 2012. *Rakennusautomaatiojärjestelmät*. Tampere: Sähkötieto ry

Spangar T. 2012. *Rakennusautomaatiojärjestelmät*. Tampere: Sähkötieto ry.

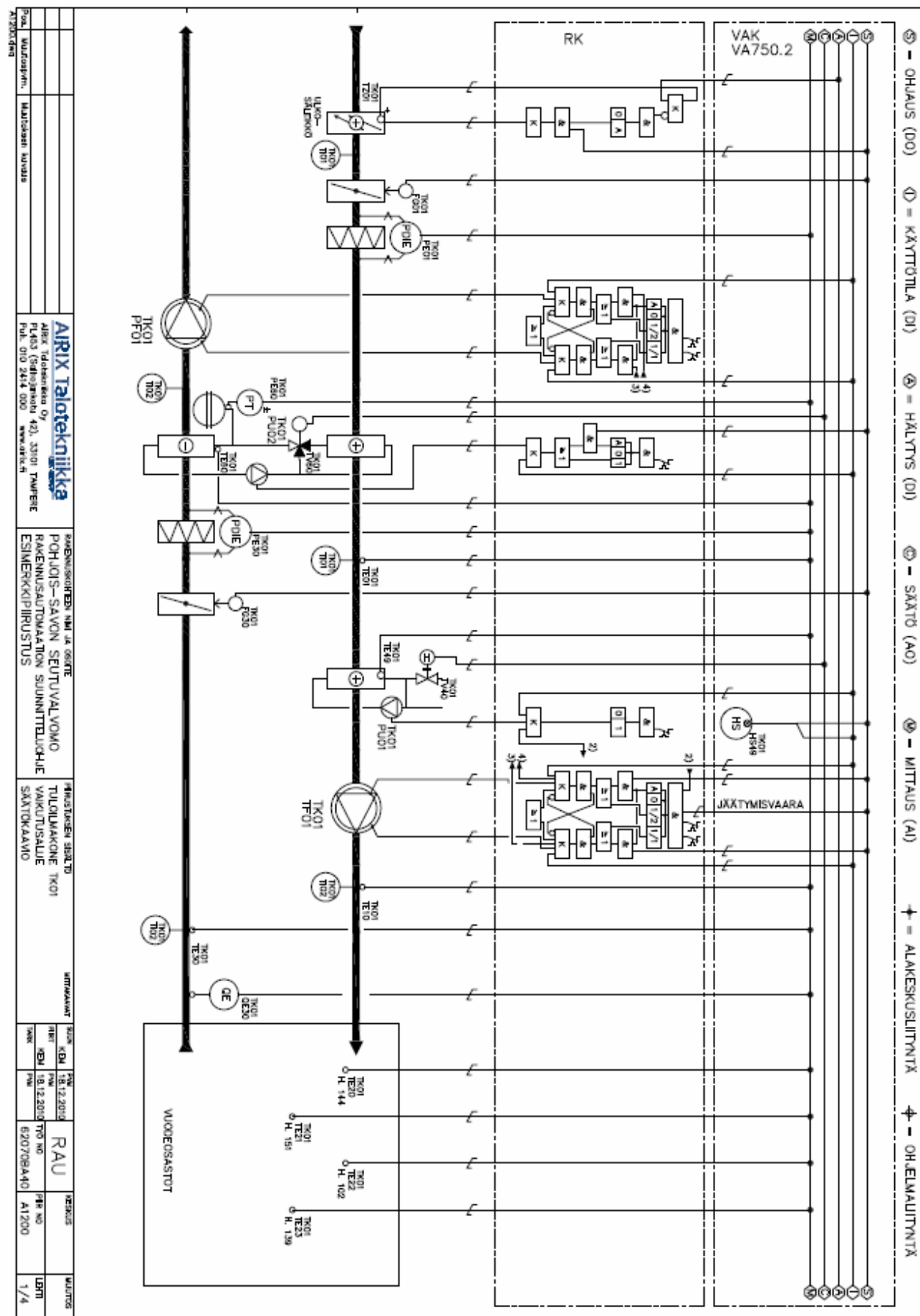
ST 669.10. 2007. *Kiinteistöjen kaukovalvonta ja ilmoitusten siirto*. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST 710.11. 2004. *Rakennusautomaatiojärjestelmän toiminnallisen tavoitetason määrittäminen*. Espoo: Sähköinfo Oy.



TULOILMAKONEEN TOIMINNALLINEN PERIAATEKUVA

LIITE 2



VARKAUDEN KAUPUNGIN KIIINTEISTÖJEN KULUTUSTIEDOT

LIITE 3

			Keskiarvo kulutus(2006-2011)				
Kiinteistö	Bruttoala/bm	Tilavuus/m ³	Sähkö/MWh, a	Lämpö/MWh, a	Vesi/m ³ , a	Energiankulutus/€, a	
Könöpellon nuorisotalo	358	1042	10,2	59,0	54,7	3972,0	
Kuvataidekoulu	885	2842	31,9	199,1	119,2	13268,2	
Kinnulankoti	1140	3930	45,7	190,6	751,3	14042,5	
Kansalaisopisto(Soisalo)	1633	6100	50,3	231,4	506,5	16207,4	
Taulumäenpäiväkoti	1695	5620	118,8	325,2	746,4	23498,6	
Mekaanisen musiikin museo	1853	5348	58,3	413,6	1672,3	24838,1	
Oikeustalo	2900	11995	86,1	436,5	223,4	30249,2	
Lehtoniemen koulu	3350	13435	121,8	564,0	590,2	36280,5	
Kuoppakankaan yläaste	5741	18535	255,1	668,2	601,4	48360,8	
Kaupungintalo	8198	29162	585,6	595,4	1273,4	67656,0	
Päivösaaren koulu	8244	30478	238,9	991,9	1517,6	67405,3	
Yhteensä			1592,5	4615,8	8001,8	341806,4	

VARKAUDEN KAUPUNGIN KIINTEISTÖJEN VUOTUISET SÄÄSTÖT

LIITE 4

	Energiankulutuksen, kun säästö		Sähkön kulutuksen	Lämmön kulutuksen	yhteensä
Kiinteistö	Sähkö/MWh,a	Lämpö/MWh,a	säästö/€,a	säästö/€,a	säästö/€, a
Könöpellon nuorisotalo	0,5	3,0	25,7	147,5	173,2
Kuvataidekoulu	1,6	10,0	80,4	570,0	650,5
Kinnulankoti	2,3	9,5	115,2	586,9	702,1
Kansalaisopisto(Soisalo)	2,5	11,6	126,7	683,7	810,4
Taulumäenpäiväkoti	5,9	16,3	299,3	908,7	1208,0
Mekaanisen musiikin museo	2,9	20,7	146,8	1095,1	1241,9
Oikeustalo	4,3	21,8	217,0	1305,7	1522,8
Lehtoniemen koulu	6,1	28,2	306,9	1493,4	1800,3
Kuoppakankaan yläaste	12,8	33,4	642,7	1786,2	2428,9
Kaupungintalo	29,3	29,8	1475,4	1577,9	3053,3
Päivösaaren koulu	11,9	49,6	602,0	2727,6	3329,6
Yhteensä	79,6	230,8	4012,4	12882,8	16895,2

VAK 1: ESIMERKKIPISTEHINNAT**LIITE 5**

VAK 2: ESIMERKKIPISTEHINNAT**LIITE6**

VAK 3: ESIMERKKIPISTEHINNAT**LIITE 7**

VAK 4: ESIMERKKIPISTEHINNAT

LIITE 8

VAK 5: ESIMERKKIPISTEHINNAT

LIITE 9

VAK 6: ESIMERKKIPISTEHINNAT

LIITE 10

VAK 7: ESIMERKKIPISTEHINNAT

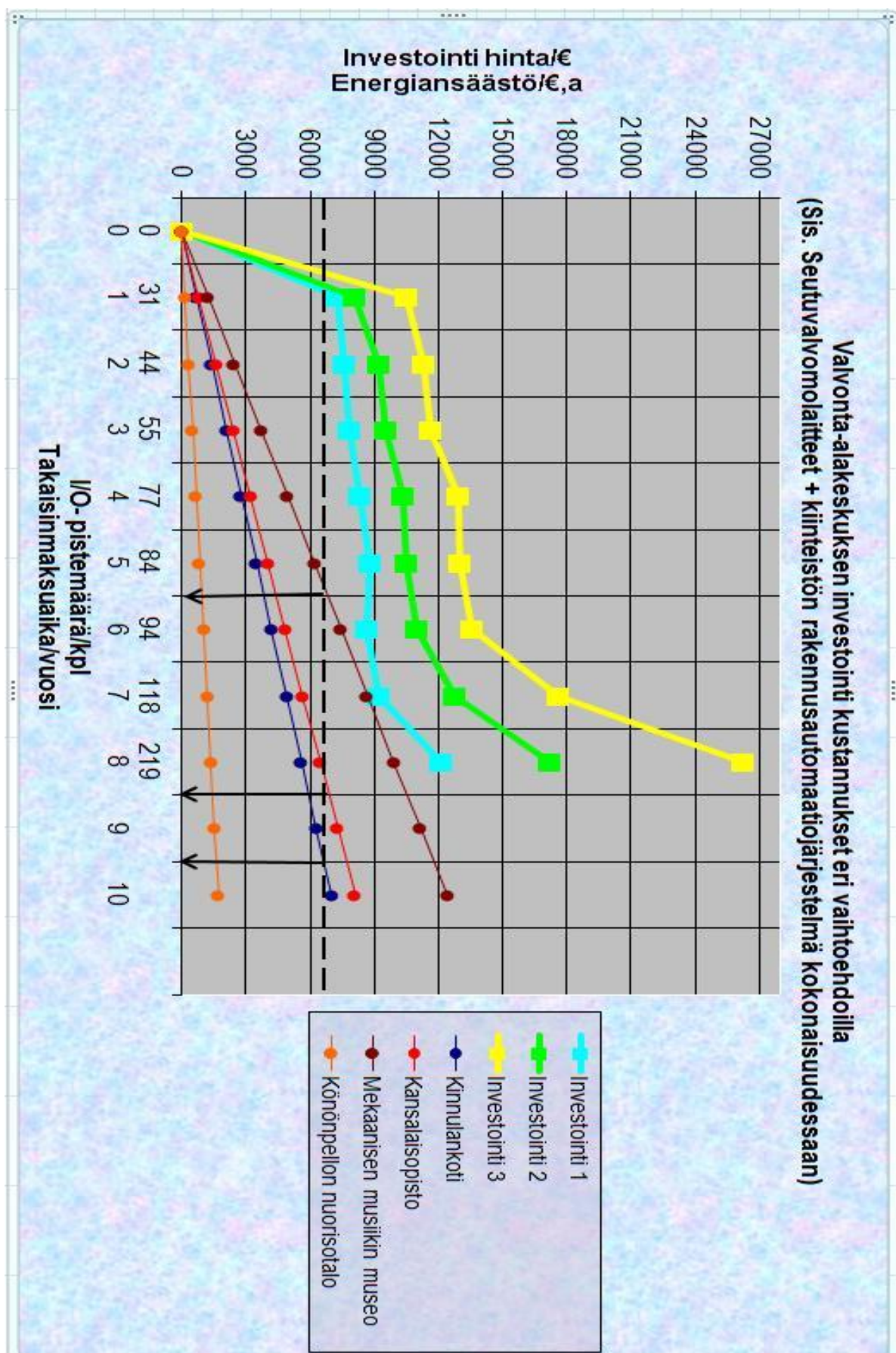
LIITE 11

VAK 8: ESIMERKKIPISTEHINNAT

LIITE 12

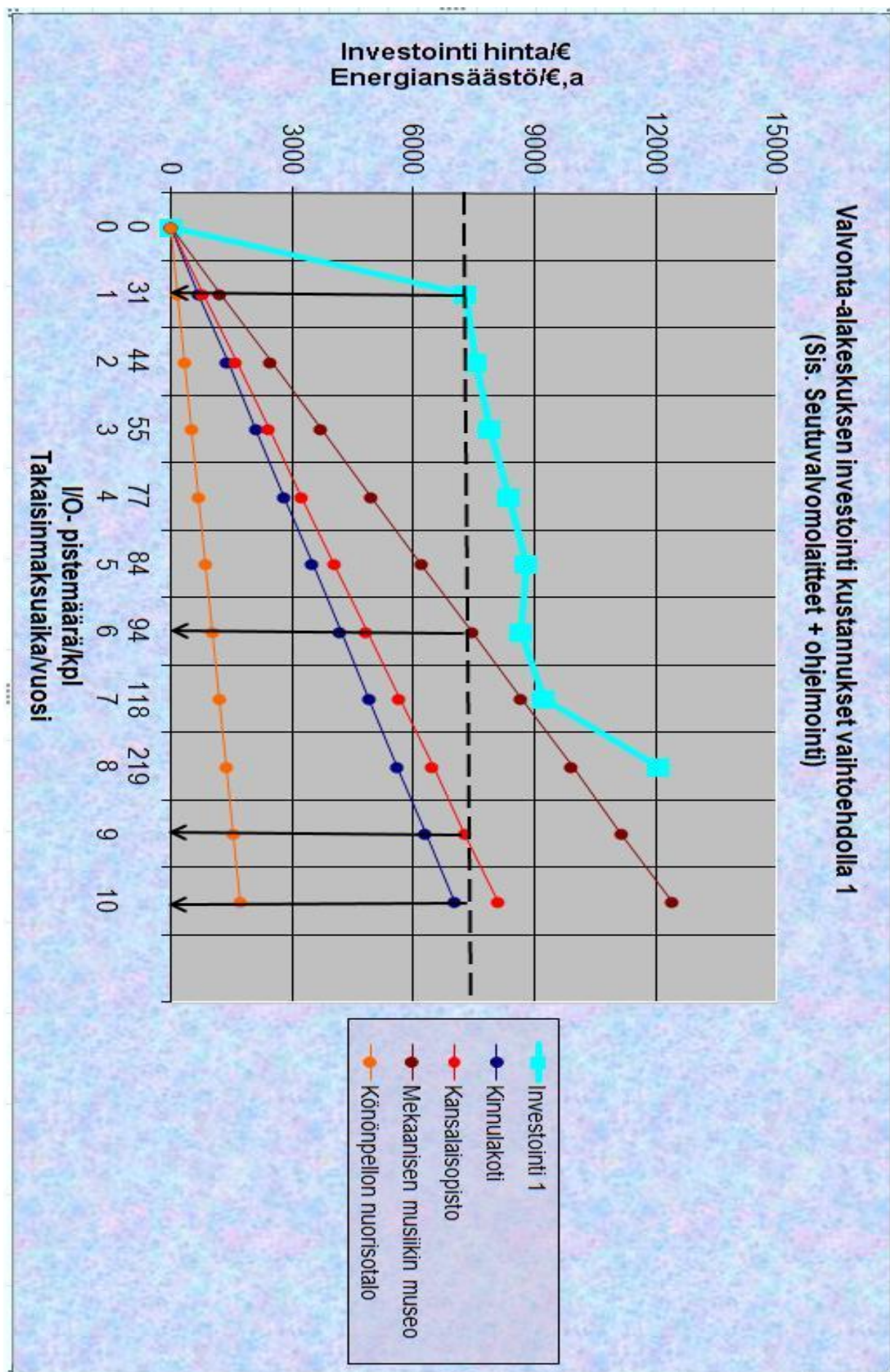
VALVONTA-ALAKESKUKSEN INVESTOINTIKUSTANNUKSET
JA TAKAISINMAKSUAIKA VAIHTOEHDOS 1

LIITE 13



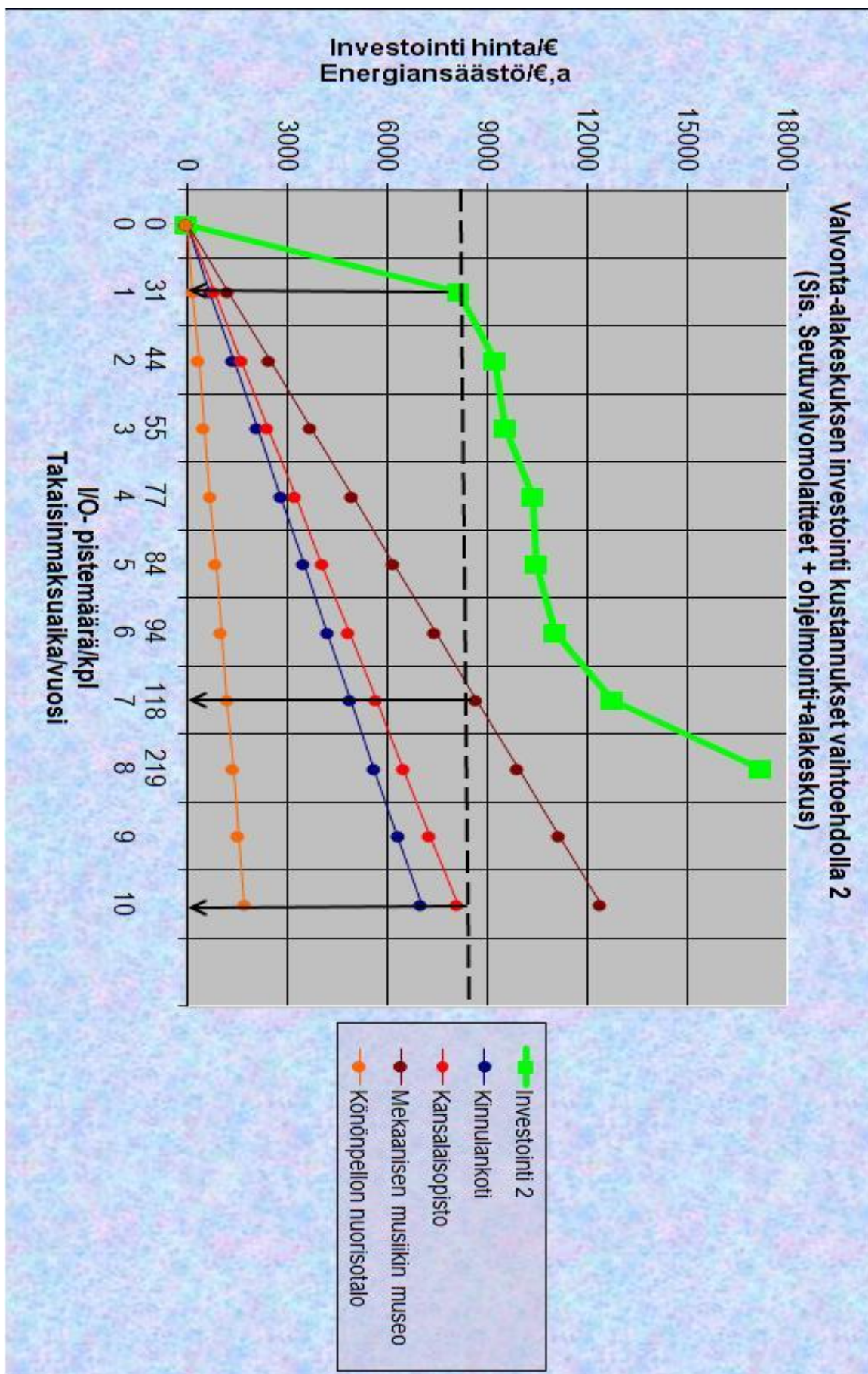
VALVONTA-ALAKESKUKSEN INVESTOINTIKUSTANNUKSET
JA TAKAISINMAKSUAIKA VAIHTOEHDOS 2

LIITE 14



VALVONTA-ALAKESKUKSEN INVESTOINTIKUSTANNUKSET
JA TAKAISINMAKSUAIKA VAIHTOEHDOS 3

LIITE 15



VALVONTA-ALAKESKUKSEN INVESTOINTIKUSTANNUKSET
JA TAKAISINMAKSUAIKA VAIHTOEHDOS 4

LIITE 16

